

El riego

en los países del Cono Sur

PROCISUR

Argentina
Bolivia
Brasil

Chile
Paraguay
Uruguay



El riego

en los países del Cono Sur

PROCISUR

Argentina
Bolivia
Brasil

Chile
Paraguay
Uruguay



© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2010
El Instituto promueve el uso justo de este documento.
Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio Web institucional en www.iica.int y www.procisur.org.uy

Coordinación editorial: Plataforma Tecnológica Regional de Riego del PROCISUR
Corrección de estilo: Malvina Galván
Diseño de portada y diagramación: Esteban Grille
Imprenta: Boscana

El riego en los países del Cono Sur / IICA, PROCISUR.
Montevideo: IICA, 2010

112 p., 18.7 x 26.5 cm

ISBN 978-92-9248-269-5

1. Riego 2. Recursos hídricos 3. Drenaje 4. Agua 5. Legislación 6. Argentina 7. Bolivia 8. Brasil 9. Chile 10. Paraguay 11. Uruguay I. IICA II. Título

AGRIS
F06

DEWEY
631.587

Montevideo, Uruguay - 2010

PRESENTACIÓN

El Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR), es un esfuerzo conjunto de los Institutos Nacionales de Investigación Agropecuaria del Cono Sur y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), creado en 1980, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

La preparación de esta publicación “El Riego en los países del Cono Sur” tiene como propósito reunir la información relevante sobre aspectos claves para el desarrollo del riego en la región. Se analizan aspectos relacionados con los recursos hídricos, políticas de riego y marco institucional, investigación y desarrollo, tecnologías disponibles y nuevos avances tecnológicos emergentes, en los distintos sistemas productivos que conforman el área regada del Cono Sur.

Esta información tiene especial relevancia para la cooperación regional en un tema trascendente, no tan solo para la agricultura sino también para el desarrollo integral de los territorios. El impacto del riego en el desarrollo se verá acrecentado en los próximos años por varias razones, entre las que se pueden mencionar: aumento de productividad para contribuir a la seguridad alimentaria, mitigar los efectos del cambio climático sobre todo en términos de variabilidad de precipitaciones, contribuir a mejorar los índices de la huella del agua en sistemas productivos más eficientes. Por otra parte, la intensificación de la agricultura en las zonas de riego se transforma en una generadora de nuevos trabajos, agroindustria y numerosos servicios asociados, al mismo tiempo que es un motor movilizador de nuevas tecnologías.

PROCISUR valora enormemente este esfuerzo, que permite aprovechar las capacidades técnicas disponibles en la región, creando sinergia que puesta al servicio de los países, contribuye a un uso más eficiente y sustentable del recurso hídrico, por el cual habrá cada vez más competencia y restricciones para su uso.

Emilio Ruz
Secretario Ejecutivo
PROCISUR

Argentina

Daniel Prieto: Ingeniero agrónomo egresado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República de Uruguay, tiene una Maestría en Ciencias y es doctor en Manejo Agrícola del Agua de la Universidad de Wageningen, Holanda. Investigador en manejo agrícola del agua del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina desde 1996, ejerce actualmente la Coordinación Nacional de la Sub-área estratégica Agua del INTA. La información de las provincias fue enviada por: Catamarca: Carrizo, J. y J. Amorena; Córdoba: Salinas A. y E. Martellotto; Salta: Paoli, H. y C. Yañez; San Juan: Vita Serman, F.; Santa Fe: Marano R.P y C. Vidal; Santiago del Estero: Prieto, D. y G. Angella.



Bolivia

René Chipana Rivera: En 1990 egresó de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), en La Paz. En 1995 finalizó la Maestría en Riego y Drenaje en la Universidad Federal de Ceará, Brasil. En el año 1998 se especializó en Extensión Agrícola en el Japón mediante el Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesquería de dicho país. Entre el 2001 y el 2005 realizó el Doctorado en Riego y Drenaje en la Universidad de Sao Paulo, Brasil. Actualmente es decano de la Facultad de Agronomía de la UMSA.



Brasil

Henoque Silva: Graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (1980), mestrado em Ciência da Irrigação pela Utah State University (1990) e doutorado em Engenharia de Irrigação pela Utah State University (1995) e pós-doutorado em irrigação de precisão pela University of California at Davis (2002). Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desde março/ 1983.



Waldir Aparecido Marouelli: É engenheiro agrícola (1981), mestre em área de Irrigação (1983) pela Universidade Federal de Viçosa, Brasil. Obteve o título de doutor em Engenharia Agrícola e de Biosistemas (área de irrigação) pela Universidade do Arizona, em 1996. É pesquisador da Embrapa Hortaliças e bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq. Conta com mais de quarenta artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, três livros, como autor principal, mais de vinte capítulos de livro e mais de cem trabalhos apresentados em congressos.



Demetrios Christofidis: Graduação em Engenharia Civil pela Universidade de Brasília (1974), Mestrado em Engenharia Irrigação pela Southampton University (1988) e Doutorado em Gestão Ambiental -Desenvolvimento Sustentável / Políticas Públicas de Recursos Hídricos pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (2001). Professor (tempo parcial) da Universidade de Brasília e Especialista em Infraestrutura Sênior – Recursos Hídricos no Ministério da Integração Nacional. Também participaram no informe os pesquisadores: Henoque Silva y Waldir A. Marouelli.



Chile

Alfonso Osorio Ulloa: Ingeniero agrónomo egresado de la Universidad de Chile, Facultad de Agronomía (1974), con la especialidad de Ingeniería Agrícola y Suelos. Obtuvo su Maestría en Ciencias en Riego y Drenaje en el Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIADIAT), Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela (1980). Cuenta con estudios en ingeniería de regadíos realizados en el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), Madrid, España (1986). En 1974 ingresó como investigador en riego de las Universidades del Norte y de Tarapacá, tarea que pasó a realizar en 1989 en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), de Chile.



Gabriel Selles van Schouwen: Ingeniero agrónomo egresado de la Universidad de Chile, Facultad de Agronomía (1977), con especialización en Riego y Drenaje. Doctor en Ciencias Agronómicas de la Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Francia (1988), con mención en bioquímica y fisiología vegetal. Actualmente es investigador en Manejo de Riego y Relaciones Hídricas en Especies Frutales, del INIA, Chile. Además es miembro del Claustro Académico del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Chile.



Raúl Ferreyra Espada: Ingeniero agrónomo egresado de la Universidad de Chile, Facultad de Agronomía (1978), con la especialización en Riego y Drenaje. Tiene una Maestría en Ciencias en Desarrollo de Recursos de Aguas y Tierras, opción riego y drenaje, de la Universidad de los Andes - Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT), Venezuela, 1986. En 1981 realizó el II Curso Internacional de Riego Localizado, en INIA, España. Actualmente es investigador del INIA, y profesor de la Maestría de la Universidad Federico Santa María (Chile) y de la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.



Paraguay

Miguel Osvaldo Blanco: Ingeniero agrónomo egresado de la Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ingeniería Agronómica (1990), con Especialización en Riego Center, Madrid, España (1997). Obtuvo la Maestría en Evaluación de Impacto Ambiental en la Universidad Nacional de Asunción, Escuela de Post Graduación Académica (2008). Actualmente es Jefe del Programa de Fruticultura del Instituto Agronómico Nacional (IAN) de Paraguay.



Raúl Gómez Jara: Ingeniero agrónomo egresado de la Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ingeniería Agronómica (1983). Especializado en Riego, Drenaje y Control de Inundaciones en el Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, Mérida, Venezuela (1984). Tiene una Maestría en Planificación y Proyecto de la Universidad Nacional de Asunción, Escuela de Post Graduación Académica (1994). Está doctorado en Ciencias de la Empresa en la Universidad Columbia del Paraguay (2008). Actualmente es Coordinador del Programa de Investigación en Arroz de Riego de la Dirección de Investigación Agrícola (DIA / MAG).



Uruguay

Claudio García: Egresado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República en 1989. Máster en Ingeniería Agrícola en 2002 y doctor en Ingeniería de Agua y Suelo en 2006, títulos obtenidos en la Universidad Federal de Santa María, Brasil. Investigador de INIA, Las Brujas, desde 1991 en la sección Suelos y Riego, actuando principalmente en el área de cultivos intensivos.



Álvaro Roel: Egresado de la Facultad de Agronomía en 1989. Obtuvo su Maestría en Ciencias en Agronomía en la Universidad de Texas A&M, EUA, 1996. Es doctor en Filosofía y Ecología, de la Universidad de California-Davis, EUA, 2002. Investigador principal del Programa Arroz y Sustentabilidad Ambiental, del INIA Treinta y Tres, en Riego y Agricultura de Precisión. Director Regional INIA Treinta y Tres.



Lista de siglas	9
Lista de símbolos	12
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. SITUACIÓN DEL RIEGO EN ARGENTINA.....	15
2.1. Introducción.....	15
2.2. Diagnóstico y caracterización de los recursos hídricos.....	15
2.3. Políticas de riego	16
2.4. Marco institucional y legal	19
2.5. Situación actual del riego y drenaje	21
2.6. Riego versus medio ambiente y energía.....	26
2.7. Proyectos de investigación y desarrollo	27
2.8. Vacíos y desafíos tecnológicos.....	27
2.9. Financiamiento de la investigación en riego y drenaje	27
2.10. Conclusiones.....	29
3. SITUACIÓN DEL RIEGO EN BOLIVIA.....	31
3.1. Introducción.....	31
3.2. Precipitación pluvial y recursos hídricos	32
3.2.1. Precipitación pluvial.....	32
3.2.2. Recursos hídricos superficiales.....	32
3.2.3. Recursos hídricos subterráneos	33
3.3. Desarrollo del riego en Bolivia.....	35
3.3.1. Riego ancestral	35
3.3.2. Situación actual del riego.....	38
3.3.3. Inventario y superficie de riego en Bolivia	40
3.4. El agua en la Constitución Política del Estado y Plan Nacional de Desarrollo de Riego.....	44
3.5. Ley de promoción del riego y los servicios de riego	45
3.6. Dificultades, desafíos y potencialidades del riego	45
3.7. Conclusiones.....	48
4. SITUAÇÃO DA IRRIGAÇÃO NO BRASIL	51
4.1. Introdução.....	51
4.2. Marco institucional e legal	51
4.3. Características agroclimáticas regionais	52
4.4. Recursos hídricos e áreas sob irrigação.....	53
4.5. Políticas de irrigação	58

4.6. Organização e administração da pesquisa em irrigação e drenagem	59
4.7. Irrigação e meio ambiente, qualidade dos produtos e energia	60
4.8. Projetos de pesquisa e desenvolvimento.	61
4.8.1. Vazios e desafios tecnológicos	61
4.8.2. Financiamento da pesquisa em irrigação e drenagem	62
5. SITUACIÓN DEL RIEGO EN CHILE	65
5.1. Introducción	65
5.2. Diagnóstico y caracterización de los recursos hídricos.....	66
5.3. Políticas de riego	68
5.4. Marco institucional y legal	68
5.5. Situación actual del riego y drenaje	70
5.5.1. Riego.....	70
5.5.2. Drenaje agrícola.....	78
5.6. Riego versus medio ambiente, calidad de los productos y energía	79
5.7. Proyectos de investigación y desarrollo	80
5.8. Vacíos y desafíos tecnológicos.....	86
5.9. Financiamiento de la investigación en riego y drenaje	86
5.10. Conclusiones.....	86
6. SITUACIÓN DEL RIEGO EN PARAGUAY	87
6.1. Introducción	87
6.2. Diagnóstico y caracterización de los recursos hídricos.....	87
6.3. Políticas de Riego	89
6.4. Marco institucional y legal	90
6.5. Situación actual del riego y drenaje	91
6.6. Investigación y desarrollo	92
6.7. Vacíos y desafíos tecnológicos	92
6.8. Financiamiento de la investigación en riego y drenaje.....	93
6.9. Conclusiones	93
7. SITUACIÓN DEL RIEGO EN URUGUAY	95
7.1. Introducción	95
7.2. Recursos hídricos	95
7.3. Regiones hidrográficas.....	96
7.4. Acuíferos.....	97
7.5. Marco legal.....	97
7.6. Calidad de aguas	99
7.7. Desarrollo del riego en Uruguay	99
7.8. Avances, vacíos tecnológicos y desafíos en investigación.....	100
7.8.1. Hortifruticultura.	100
7.8.2. Citrus.	101
7.8.3. Arroz.	101
7.9. Conclusiones	101
8. RECURSOS HUMANOS EN TEMAS DE RIEGO EN LOS PAISES DEL CONO SUR	103
9.COMENTARIOS FINALES	105
Bibliografía	107

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas	A
APL	Acuerdos de Producción Limpia	
AyEE	Agua y Energía Eléctrica del Estado de Argentina	
BID	Banco Interamericano de Desarrollo	B
BIRF	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento- Banco Mundial	
BPA	Buenas Prácticas Agrícolas	
CAF	Corporación Andina de Fomento	C
CAN	Censo Agropecuario Nacional	
CNA	Censo Nacional Agropecuario	
CNARH	Cadastró Nacional de Usuários de Recursos Hídricos	
CNI	Cadastró Nacional de Irrigantes	
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico	
CNR	Comisión Nacional de Riego- Chile	
CNRH	Conselho Nacional dos Recursos Hídrico	
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba	
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente	
CONIAG	Consejo Interinstitucional del Agua	
CPE	Constitución Política del Estado- Bolivia	
CVSF	Comissão do Vale do São Francisco	
CYTED	Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo	
DEA	Dirección de Extensión Agraria- MAG, Paraguay	D
DGA	Dirección General de Aguas-MOP, Chile	
DGEEC	Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos- Paraguay	
DGI	Dirección General de Irrigación- Argentina	
DGRNR	Dirección General de Recursos Naturales Renovables	
DIA	Dirección de Investigación Agrícola/ MAG	
DIEA	Dirección de Estadísticas Agropecuarias/ MGAP	
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente/MVOTMA	
DINAMIGE	Dirección Nacional Minería y Geología/MIEM	
DINASA	Dirección Nacional de Saneamiento y Aguas/MVOTMA	
DNH	Dirección Nacional de Hidrografía/MTOP	
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas/MOP	
DRH	Dirección de Recursos Hídricos/ MVOTMA	

EAP	Empresas Agropecuarias Productivas	E
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	
EUA	Eficiencia en el Uso del Agua	
FAO	Programa de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (por su sigla en inglés)	F-G
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo	
FCA	Facultad de Ciencias Agrarias- Paraguay	
FIA	Fondo de Innovación Agraria/MINAGRI	
FNDR	Fondo Nacional de Desarrollo Regional- Chile	
FONCYT	Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica- Argentina	
FONDECYT	Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico- Chile	
FONDEF	Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico- Chile	
FONTAGRO	Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria	
FONTEC	Fondo de Cooperación Técnica- Chile	
FUNRIEGO	Fundación Nacional de Riego- Bolivia	
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (por su sigla en ingles)	
IAN	Instituto Agronómico Nacional de Paraguay	I
INDAP	Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario- MINAGRI	
INDEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos- Argentina	
INE	Instituto Nacional de Estadísticas- Chile	
INIA	Instituto de Investigaciones Agropecuarias- Chile	
INIAF	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal- Bolivia	
INSR	Inventario Nacional de Sistemas de Riego de Bolivia	
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria- Argentina	
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería del Paraguay	M
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento do Brasil	
MDRAMA	Ministerio de Desarrollo Rural y Medio Ambiente de Bolivia	
MDRyT	Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras de Bolivia	
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca de Uruguay	
MIN	Ministério da Integração Nacional	
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia	
MOP	Ministerio de Obras Públicas- Chile	
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas- Uruguay	
MVOTMA	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente- Uruguay	
OEA	Organización de los Estados Americanos (por su sigla en ingles)	O
OEC	Organizaciones Económicas Campesinas- Bolivia	
ONG	Organización No Gubernamental	
PASA	Programa de Apoyo a la Seguridad Alimentaria de Bolivia	P
PEA	Población Económicamente Activa	
PROSUKO	Programa de Suka Kollus- Bolivia	
PND	Plan Nacional de Desarrollo- Bolivia	
PNDR	Plan Nacional de Desarrollo de Riego de Bolivia	
PRAV	Programa de Riego Altiplano/Valles- Bolivia	
PRODESAL	Servicio de Desarrollo Local de Comunidades Rurales Pobres	

PRONAR	Programa Nacional de Riego de Bolivia
PRONAREC	Programa Nacional de Riego con Enfoque en Cuencas de Bolivia
PRONARIC	Programa Nacional de Riego Campesino de Bolivia
PRONARYD	Programa Nacional de Riego y Drenaje de Bolivia
PRONI	Programa Nacional de Irrigação
PROSAP	Programa de Servicios Agropecuarios Provinciales

RHIR	Recursos Hídricos Internos Renovables
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero/ MINAGRI, Chile
SAGPyA	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca/ Argentina
SAL	Servicio de Asesoría Local
SAP	Servicio de Asesoría a Proyectos
SEAM	Secretaría del Ambiente- Paraguay
SEDERI	Servicios Departamentales de Riego
SENARI	Servicio Nacional de Riego
SERNAGEOMIN	Servicio Nacional de Geología y Minería- Chile
SIBTA	Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuaria
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamiento de Recursos Hídricos
SIRIC	Subprograma de Inversiones en Riego Intercomunal de Bolivia
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios- Chile
SNDC	Servicio Nacional de Desarrollo de Comunidades de Bolivia
SUVALE	Superintendência do Vale do São Francisco

R-S

TT	Transferência de Tecnologia
UCR	Unidad de Control de Riesgos
UE	Unión Europea
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia
UNA	Universidad Nacional de Asunción- Paraguay
USAID	Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (por su sigla en ingles)
VMR	Viceministerio de Riego de Bolivia

T-U-V

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grados Celsius
ds/m	DeciSiemens por metro
Ha	Hectárea
Hm ³	Hectómetro cúbico
kg/ha	Kilo por hectárea
km ²	Kilómetro Cuadrado
L/s	Litros por segundo
m ³	Metro Cúbico
m ³ /s	Metro Cúbico por segundo
Mg	Miligramo
Mm	Milímetro
Msnm	Metros sobre el nivel del mar

La Plataforma Tecnológica Regional de Riego (PTR Riego) del PROCISUR es una instancia de participación, coordinación y colaboración de los Institutos de Investigaciones Agropecuarias (Argentina, Brasil, Chile y Uruguay) y los Ministerios de Agricultura (Bolivia y Paraguay), para el desarrollo de actividades de investigación y transferencia de tecnología en riego y drenaje de los países integrantes del mismo.

En sus inicios la PTR Riego nace como una Red de Riego, que se constituye en noviembre de 2005, en La Serena, Chile, con el apoyo de PROCISUR. El objetivo fue la generación de instancias de colaboración a través del intercambio de experiencias de investigación y transferencia de tecnología en el ámbito del riego y drenaje. A partir del año 2008 y como consecuencia de la nueva modalidad de programación operativa del PROCISUR, se crean las Plataformas Tecnológicas Regionales, asumiendo la Red de Riego original la nueva definición de Plataforma Tecnológica.

En este contexto, se asumen los compromisos contraídos por la Red de Riego; y entre ellos se destaca la publicación de un libro que considere en su contenido la situación del riego en los países integrantes del PROCISUR. De esta forma, se origina este libro que se presenta a la comunidad de investigadores y profesionales que trabajan en el tema en nuestra región. Su contenido es el reflejo de lo expuesto por los representantes de cada país en las diferentes reuniones desde la creación de la Red hasta el presente.

Existen muchos aspectos que nos unen, y que nos permiten actuar en conjunto; el riego es uno de ellos. Un ejemplo de esto es el clima, que si bien existen diferencias notables

entre los países integrantes; en todos ellos hay zonas deficitarias de precipitaciones que requieren de riego (suplementario o total); estimándose en aproximadamente 7 millones las hectáreas que están bajo riego, en los seis países; presentándose la información desagregada por país en la Tabla 1.

En todos los países la mayor parte de la superficie regada es por riego por superficie, como inundación, surcos o bordes, los cuales presentan bajas eficiencias de aplicación. Esto ya es un incentivo para trabajar y generar oportunidades para la investigación, la transferencia de tecnología y capacitación en tecnologías más eficientes. En este aspecto es muy relevante la acción que pueda desarrollar la PTR Riego, en términos de propiciar el intercambio de tecnologías y experiencias entre los países, dado el diferente nivel de desarrollo relativo, en el tema de riego y drenaje, existente en los mismos.

La elaboración del libro denominado El riego en los países del Cono Sur, dispuso de una pauta preliminar, para que los autores de los capítulos de cada país tuviesen una guía o formato por el cual guiarse; de esta forma se quiso dar homogeneidad en la presentación de los temas; permitiendo con ello visualizar similitudes y asimetrías en la región.

En términos de superficie, por ejemplo, se destaca Brasil, donde la cifra señalada corresponde a menos del 10% de la superficie potencialmente regable; lo cual presenta un desafío muy importante para desarrollar trabajos en la temática de riego a futuro.

En relación a la organización de la investigación, en la mayoría de los países la investigación en riego y drenaje,

Tabla 1. Superficie regada en países de la Plataforma Tecnológica de Riego PROCISUR (ha), 2009

País	Argentina	Bolivia	Brasil	Chile	Paraguay	Uruguay	Total
Superficie	1.550.000	150.000	2.920.000	1.900.000	67.000	218.000	6.805.000

Fuente: FAOSTAT (2007).

asociada a los usuarios, se realiza en institutos o empresas de investigación que se indican a continuación, relacionadas directa o indirectamente con los Ministerios de Agricultura de cada país:

- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, Argentina
- Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, INIAF, Bolivia
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, EMBRAPA, Brasil
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Chile
- Dirección de Investigación Agraria, DIA, Paraguay
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA, Uruguay

Los institutos mencionados cuentan, en cada caso, con una amplia red de estaciones o centros experimentales, donde se ejecutan proyectos de índole nacional y regional.

Se destaca la creación reciente del INIAF en Bolivia, dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDR y T), con lo cual se puso en marcha el proceso de transición gradual del Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuaria (SIBTA) hacia la constitución del INIAF, como la nueva instancia que regirá las políticas de la investigación, generación, transferencia y difusión de la tecnología agropecuaria y forestal en Bolivia.

Otro aspecto interesante abordado en el libro, es lo referente con las políticas de riego que cada país ha diseñado e implementado, traducéndose en leyes específicas para

abordar el tema del riego y del agua en general. Ello refleja la importancia que se le otorga a este recurso en nuestros países; sin embargo, en muchos casos no se asignan los financiamientos adecuados para darle mayor celeridad a la puesta en riego de tierras cultivadas, y donde definitivamente la productividad podría aumentar significativamente.

En relación a la investigación en riego, cada país posee una interesante orientación en áreas temáticas acordes con su realidad, lo que constituye la base de ideas para trabajar conjuntamente a través de la PTR Riego, sustentada con los proyectos que actualmente están en ejecución en cada país. Uno de los temas que aparece destacado por la mayoría de los países se refiere a la determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos, aspecto que podría constituirse en un proyecto regional.

En relación a las capacidades humanas especializadas, la información indica que existe un alto número de profesionales, cercano a 100, altamente calificado que está trabajando en temas de investigación y transferencia de tecnología en riego y drenaje.

En resumen, se puede señalar que la PTR de Riego del PROCISUR puede constituirse en un referente técnico para lograr un trabajo conjunto de los seis países que la integran, en temas de investigación, transferencia de tecnología y capacitación en riego y drenaje.

Esperamos que esta publicación se constituya a su vez en un documento de consulta, para todos nuestros profesionales del área del Cono Sur de América; y a partir de ello podamos materializar acciones de común beneficio para todos.

2.1. Introducción

La Argentina se sitúa entre los 22° y 56° de latitud Sur y los 56° y 73° de longitud Oeste. Tiene una superficie de 2.780.000 km² con distancias de 3.300 km de Norte a Sur y de 1.385 km de Este a Oeste.

En su organización política, la Argentina es un país federal con 23 provincias autónomas, y una ciudad autónoma, Buenos Aires, su capital.

Las provincias por orden constitucional son dueñas y responsables de sus recursos naturales, incluidos los recursos hídricos. La gestión del agua con fines de riego, es pues, responsabilidad de los Gobiernos provinciales.

Desde el punto de vista climático, por su gran extensión territorial el país presenta una variedad de climas que van desde el tropical, en el Norte, hasta la semi-aridez fría en la Patagonia sur (Figura 1).

Pero a los objetivos de caracterización del riego se ha preferido dividir el país en tres grandes regiones: la región húmeda, la semiárida y la árida (Figura 2). Las principales características de las regiones se presentan en la Tabla 1, se destacan en ella que 76% del territorio argentino presenta condiciones de aridez o semi-aridez (con precipitaciones menores a los 800 mm).

La diversidad de situaciones encontradas en Argentina no se limita a los aspectos políticos y climáticos, también existe una desigual distribución de su población.

La población total del país es de 36.260.130 habitantes (Censo 2001¹), los que se encuentran desuniformemente distribuidos en el territorio nacional. Hay una fuerte concentración en su capital, Buenos Aires así como en los sectores de la provincia de Buenos Aires que la rodean (Gran Buenos Aires). En general las provincias de la región húmeda del país, concentran el 72% del total, mientras que en las regiones áridas y semiáridas solo vive un 22% de la población argentina.

2.2. Diagnóstico y caracterización de los recursos hídricos

La Tabla 2 presenta los volúmenes y caudales medios superficiales de las regiones climáticas utilizadas en esta descripción y de las principales cuencas hidrográficas del país. Puede observarse que la región húmeda concentra el 82% de los recursos superficiales mientras que las regiones áridas y semiáridas en su conjunto solamente disponen del 18% restante. De estos últimos 73% se encuentran a su vez en la región patagónica, donde la aptitud agroclimática es muy baja.

Como se analizará al estudiar la superficie bajo riego del país (Sección 2.5) en la Argentina se produjo, en concordancia con el proceso mundial, un gran desarrollo del

1 Instituto Nacional de Estadística y Censos- Argentina http://www.indec.gov.ar/censo2001s2/ampliada_index.asp?mode=01

Tabla 1. Características principales de las 3 grandes regiones agroclimáticas argentinas

Región	Precipitación Mm	Extensión	
		10 ⁶ ha	% del país
Húmeda (verde)	> 800	66,2	24
Semiárida (marrón)	500 < P < 800	40	15
Árida (marrón claro)	< 500	171	81

Figura 1. Principales Regiones Agroclimáticas de Argentina

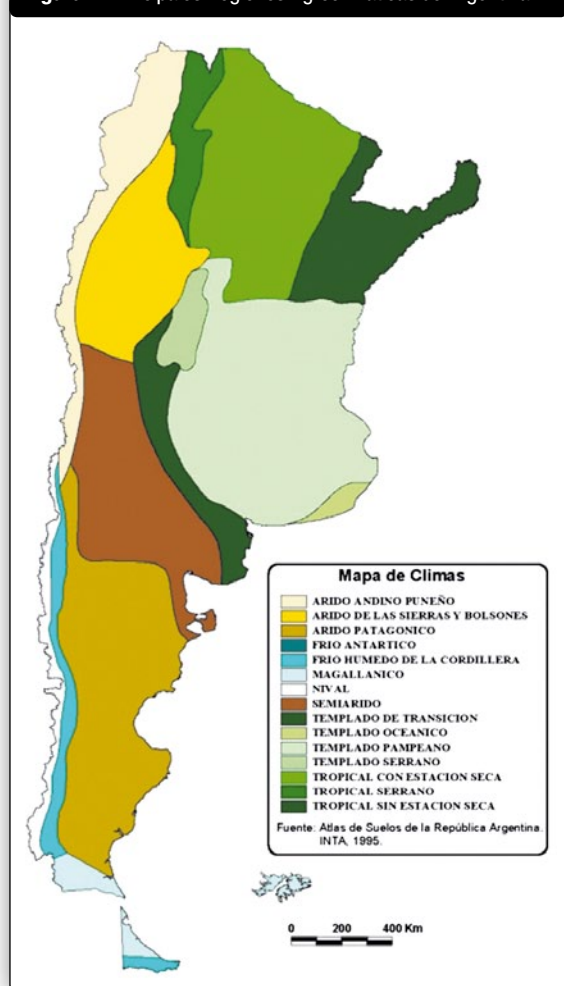
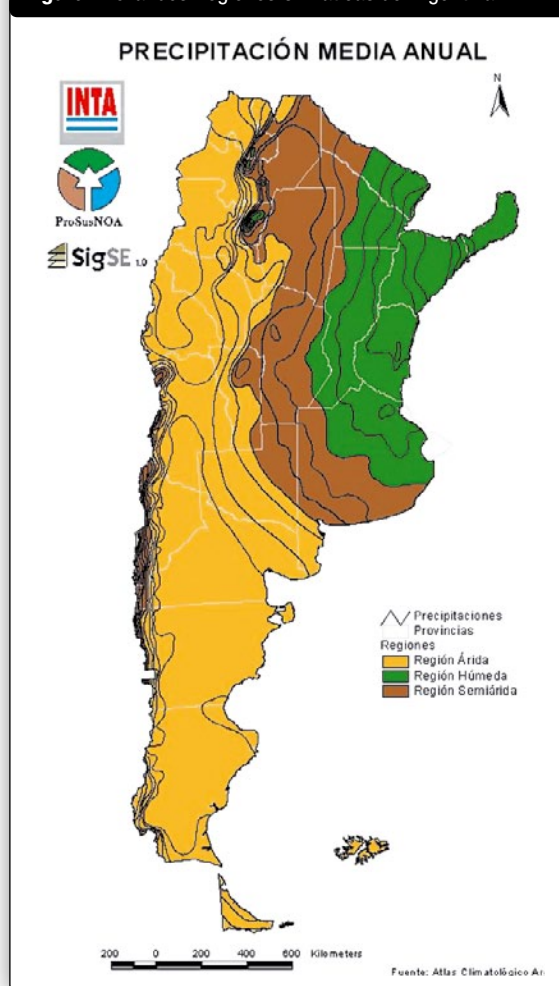


Figura 1. Grandes Regiones Climáticas de Argentina



riego desde 1950 a 1970. En este período se construyó la mayor parte de la infraestructura para la captación, conducción y distribución del agua. En la Tabla 3 se presentan las características de los principales embalses, que tienen como uno de sus objetivos primordiales el suministro de agua de riego.

La información referente al agua subterránea a nivel nacional es muy escasa, parcial y dispersa, aún sobre los acuíferos más explotados. Recientemente se produjo un avance importante en la cuantificación del acuífero guaraní, el que es compartido por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, lo que sería deseable se extendiera a otros acuíferos nacionales.

Las estimaciones disponibles indican un uso de agua subterránea con fines de riego cercano a los $4.700 \times 106 \text{ m}^3$. En la zona pampeana con una superficie actual bajo riego del orden de las 170.000 hectáreas y una aplicación promedio anual de 200 mm, el uso de agua subterránea alcanzaría 340 a 425 $\text{Hm}^3/\text{año}$.

2.3. Políticas de riego

Las provincias, dueñas de los recursos hídricos, son responsables de las políticas de riego. No existe en el país, una política nacional de fomento del riego, que si existió hasta 1970, década hasta la cual se construyeron las más importantes obras de riego del país, generalmente con financiación y/o garantía del Tesoro nacional.

En la década del 90 del siglo XX, con la desaparición de la empresa nacional Agua y Energía Eléctrica (AyEE) del Estado, que había sido la principal ejecutora de obras de riego a nivel nacional y operadora de muchos de los grandes sistemas colectivos de riego, el Estado nacional prácticamente se desentendió de los asuntos de riego.

Si bien no existe una política nacional expresa en términos de riego, hacia fines de 1990 se estableció el Programa de Servicios Agropecuarios Provinciales (PROSAP), financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento

Tabla 2. Distribución de la disponibilidad de recursos hídricos superficiales entre regiones

	Recursos Hídricos Superficiales		Porcentaje	
	Caudal (m³/s)	Volumen (10 ⁶ m³)	Región	País
PAÍS	21.015	662.728		100
REGIÓN HÚMEDA	17.315	546.045	100	82
REGIÓN ÁRIDA + SEMI-ÁRIDA	3.700	116.683	100	18
Sub Zonas				
A. REGIÓN HÚMEDA				
Sistemas del Río de la Plata, Uruguay, Paraná, etc.	17.315		100	82
B. REGIÓN ÁRIDA + SEMI-ÁRIDA				
B.1. Zona Norte	520	16399	14	2
Río Pilcomayo	75	2365		
Río Bermejo	285	8988		
Río Pasaje-Juramento-Salado	35	1104		
Río Dulce	125	3942		
B.2. Zona Central y Oeste	130	4100	4	1
Sistemas de Catamarca	15	473		
Sistemas de La Rioja	12	378		
Sistema de Córdoba	90	2838		
Sistema de San Luis	13	410		
B.3. Zona de Cuyo	246	7758	7	1
Río San Juan	68	2144		
Río Jachal	12	378		
Río Mendoza	53	1671		
Río Tunuyán	45	1419		
Río Diamante	40	1261		
Río Atuel	28	883		
B.4. Zona de la Patagonia	2.706	85336	73	13
Río Colorado	145	4573		
Río Negro	1.000	31536		
Río Chubut	43	1356		
Río Senguer	55	1734		
Río Santa Cruz	750	23652		
Resto de la Patagonia	713	22485		
Resto del País				1

Fuente: Oriolani *et al.* 1986

Tabla 3. Principales embalses de la Argentina

Embalse	Provincia	Superficie 10 ⁶ m ³	Volumen ha	Destino
EZEQUIEL RAMOS MEXIA	Neuquén / Río Negro	20.155	816	Atenuación de crecidas, riego y energía hidroeléctrica.
CASA DE PIEDRA	La Pampa / Río Negro	4.000	360 km	Regulación de caudales; riego, energía hidroeléctrica y atenuación de crecidas.
CABRA CORRAL	Salta	3.100	115 km	Atenuación de crecidas del río Juramento; riego; energía hidroeléctrica, turismo
RÍO HONDO	Santiago del Estero	1.745	296,7	Atenuación de crecidas, regulación de caudales, riego, agua potable, energía hidroeléctrica y turismo.
FLORENTINO AMEGHINO	Chubut	1.600	65	Atenuación de crecidas, riego y energía eléctrica.
RÍO TERCERO I	Córdoba	733	54,3	Energía hidroeléctrica, riego, atenuación de crecidas, actividades recreacionales
QUEBRADA DE ULLUM	San Juan	440	32	Regular caudal, riego; energía hidroeléctrica y turismo.
AGUA DEL TORO	Mendoza	432	10.5 km ²	Atenuación de crecidas; generación de energía; riego, turismo
LOS MOLINOS	Córdoba	307	21,1	Agua potable, riego, energía hidroeléctrica y atenuación de crecidas.
EL CADILLAL	Tucumán	241	13,5	Atenuación de crecidas; regulación de caudales, riego; agua potable; energía hidroeléctrica, recreación y turismo.
CRUZ DEL EJE	Córdoba	112	10,9	Agua potable, riego, generación de energía hidroeléctrica y atenuación de crecidas.
LAS PIRQUITAS	Catamarca	65		Agua potable, riego

Fuente: Sistema de Información Hídrica, Subsecretaría Recursos Naturales 2009

Tabla 4. Inversiones ejecutadas por PROSAP

PROVINCIA	Financiamiento USD (BID + BIRF)	Aporte local USD	Inversión Total USD
Catamarca	3.219.783	2.046.508	5.266.291
Chaco	21.798.427	21.798.427	43.596.854
Chubut	23.595.957	7.736.256	31.332.213
Córdoba	11.740.715	5.376.315	17.117.030
La Rioja	5.284.941	2.398.727	7.683.668
Mendoza	184.062.057	55.785.106	239.847.164
Neuquén	9.560.826	1.896.126	11.456.952
RÍO NEGRO	5.003.200	5.003.200	10.006.400
San Juan	14.894.923	6.025.075	20.919.998
Tucumán	13.129.210	2.967.566	16.096.776
Total de Inversión Pública	292.290.039	111.033.306	403.323.346

Fuente: PROSAP, 2009.

(BIRF) del Banco Mundial (BM); con el objetivo principal de apoyar en las distintas provincias la modernización y el fortalecimiento de las instituciones relacionadas a la producción agropecuaria. Este programa administrado por el hoy Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (MAGPyA), tuvo desde su inicio como prioridad la financiación de obras de modernización y/o rehabilitación de la infraestructura de riego existente que por años de desinversión se encontraba altamente deteriorada.

El PROSAP tuvo una primera etapa, durante la cual las inversiones se realizaron básicamente en obras de rehabilitación y modernización de la infraestructura, con bajos montos en tecnologías de gestión. Actualmente se encuentra en ejecución el PROSAP II que se diferencia del anterior por la posibilidad de invertir en la mejora del riego predial. La inversión concretada por PROSAP hasta junio 2009, se presenta en la Tabla 4, encontrándose en estudio un número importante de proyectos que permitirá cubrir la totalidad de las provincias con obras de riego y/o drenaje del país.

La incorporación progresiva de las diferentes provincias al Programa se explica porque si bien el mismo es administrado por el MAGPyA, son las provincias las que toman el crédito, requiriéndose en todos los casos una aprobación por las legislaturas correspondientes y actúa el Estado Nacional como garante de los mismos. Hasta el momento, la priorización de las obras a financiar ha surgido de las propias provincias, sin embargo el programa se plantea en estos momentos fomentar la definición de un plan nacional de riego que contemple la realización de nuevas obras de riego en base a una jerarquización estratégica de las mismas.

A nivel provincial, puede decirse que no existe una política explícita de riego que se traduzca en leyes de fomento o estímulo del riego. Sin embargo dependiendo de la importancia relativa que la agricultura bajo riego tiene para las distintas provincias, la temática del riego toma mayor o menor jerarquía.

Políticas de gestión del riego

En la Argentina, las actividades de Operación y Mantenimiento (OyM) en los distritos de riego fueron centralizadas por el Estado y particularmente por el Estado nacional, en convenio con las provincias, a través de la empresa AyEE, lo que marcó el primer período del desarrollo del riego durante la década del 60 en el siglo XX. La única excepción fue la provincia de Mendoza, donde el Departamento General de Irrigación, un organismo descentralizado y autárquico institucionalmente² ha estado a cargo de la gestión del riego desde siempre con una gran participación de los usuarios.

2 Autarquía Institucional: no se encuentra subordinado jerárquicamente a ningún otro poder de la administración central.

Unas pocas provincias reasumieron la administración del riego con anterioridad a la década del 90 del pasado siglo, cuando como parte de la implementación de una política de reducción de la presencia del Estado nacional, la empresa AyEE fue eliminada. La principal causa esgrimida para la implementación de esta política en el sector de riego, fueron los grandes déficits operativos generados por el bajo recupero de los gastos operativos a través del pago del servicio de riego por parte de los usuarios.

En esta etapa, que se extiende hasta la actualidad, el riego queda definitivamente bajo la responsabilidad de los Gobiernos provinciales, los que adoptan diferentes políticas en relación a la gestión del riego. En algunos casos el riego quedó totalmente bajo la responsabilidad de organismos provinciales, en la mayoría de los casos se avanza sobre una gestión compartida con el Estado provincial encargado de gestionar las estructuras de cabecera, los canales primarios y los usuarios encargados de la gestión de los niveles inferiores; y en la minoría de los casos, generalmente sistemas sin grandes embalses reguladores, se transfirió la gestión totalmente a los usuarios.

Un caso particular que merece mencionarse, es el de la provincia de Córdoba y el tratamiento que le ha dado a la gestión del agua subterránea. A partir de la modificación de la Ley 5589 dicha provincia creó los consorcios de regantes de agua subterránea, incorporó un canon de uso de agua subterránea y transfirió a aquellos la responsabilidad de la gestión de los acuíferos haciéndolos además destinatarios del 70% del canon de uso de aguas subterráneas.

2.4. Marco institucional y legal

La autonomía de las provincias hace que existan casi tantos marcos institucionales y legales como provincias, con importantes variaciones entre ellos. En la Tabla 5, se incluyen las principales leyes provinciales que dan marco al uso del agua para diferentes usos, entre ellos el riego.

Las provincias de las regiones áridas y semi-áridas tienen legislaciones más completas, debido a la importancia que adquiere el agua en estas zonas y a la historia de conflictos en relación a la misma. Las provincias de la región húmeda, sub-húmeda por su parte, donde el crecimiento del riego suplementario, aún con altibajos ha mantenido una tendencia de crecimiento sostenida, presentan los vacíos legales más importantes.

Por lo general la mayoría de las provincias tienen leyes marco y Códigos de Agua, resolviéndose situaciones no previstas en estos a través del Código Civil. Si bien no puede decirse que el marco legal ha sido una restric-

Tabla 5. Principales leyes provinciales que regulan el uso del agua

Legislación Provincial	
Buenos Aires	LEY 12257 Código de Aguas. Protección, conservación y manejo del recurso hídrico. Régimen. sanc. 09/12/1998; promulgación parcial 26/01/1999; publ. 09/02/1999
Catamarca	LEY 2577 Código de Aguas. Aguas del dominio público. Régimen. sanc. 22/05/1973; promul. 22/05/1973; publ. 05/10/1973. DECRETO 2142/1974 Código de Aguas. Reglamentación del 01/07/1974; publ. 26/07/1974. LEY 4616 Código de Aguas. Modificación. sanc. 17/07/1991; promul. 17/07/1991; publ. 19/07/1991
Córdoba	LEY 5589. Código de Aguas. Régimen. Sanc. 21/05/1973; promul. 21/05/1973; publ. 25/05/1973
Corrientes	DECRETO LEY 191/2001 Código de Aguas. Aprobación. del 28/11/2001; publ. 3/12/2001
Chaco	LEY 3230 Código de Aguas. Aprobación sanc. 2/12/1986; promul. 30/12/1986; publ. 12/1/1987 LEY 3542 Código de Aguas. Modificación. promul. 4/4/1990; publ. 22/5/1991 LEY 4255 Código de Aguas. sanc. 27/12/1995; promul. 7/1/1996; publ. 26/1/1996 LEY 5446 Código de Aguas. Sistema Acuífero Guaraní. Dominio público del Estado. Aprovechamiento o utilización. Procedimiento. sanc. 13/10/2004; promul. 29/10/2004; publ. 5/11/2004
Chubut	LEY 4148 Código de Aguas. sanc. 7/12/1995; promul. 28/12/1995; publ. 9/1/1996 DECRETO 216/1998 Código de Aguas. Reglamentación. del 16/3/1998; publ. 25/3/1998 LEY 4541 Código de Aguas. Comités de cuenca. Creación. sanc. 25/11/1999; promul. 9/12/1999; publ. 17/12/1999 LEY 5178 Cuencas hidrográficas. Unidades de gestión. Creación. Funcionamiento.
Entre Ríos	LEY 9172 Código de Aguas. Aguas subterráneas y superficiales. Uso y aprovechamiento. sanc. 16/9/1998; promul. 30/9/1998; publicado. 10/11/1998
Formosa	LEY 1246 Código de Aguas sanc. 4/9/1997; promul. s/f; publ. 12/11/1997 DECRETO 202/1995 Código de Aguas. Regimen de Protección, Conservación y Seguridad de los Recursos Hídricos para el Desarrollo de Áreas Bajo Riego y Consumo Humano. Reglamentación 23/02/199515/05/1995del ; publ. 15/05/1995
Jujuy	LEY 3127 Código de Aguas. Aprovechamiento integral. Administración. Potestades del Estado sanc. 17/6/1974; promul. 24/6/1974; publ. 12/8/1974 LEY 4396 Código de Aguas. Modificación sanc. 17/11/1988; promul. 24/02/1989; publ. 30/06/1989 LEY 4871 Código de Aguas. Recursos hidrotermales existentes en la provincia. Interés provincial. Declaración sanc. 5/12/1995; promul. 2/1/1996; publ. 29/4/1996 LEY 5114 Código de Aguas. Ley complementaria sanc. 23/12/1998; promul. 19/1/1999; publ. 17/3/1999
La Pampa	LEY 607 Código de Aguas Sanción 5/9/1974; promul. 22/10/1974; publ. 31/10/1974 LEY 2120 Código de Aguas Acuerdo Federal del Agua. Aprobación sanc. 16/9/2004; promul. 27/9/2004; publ. 8/10/2004
La Rioja	LEY 4295 Código de Aguas Aprobación sanc. 5/12/1983; promul. 27/3/1984; publ. 27/3/1984
Mendoza	Ley de Aguas del año 1884 y modificatorias LEY 4035 Aguas Subterráneas. Régimen sanc. 18/7/1974; promul. 6/8/1974; publ. 16/8/1974 LEY 4036 Aguas Subterráneas. Organismo administrador
Misiones	LEY 1838.- LEY DE AGUAS 28 de Julio de 1983 BOLETIN OFICIAL, 16 de Agosto de 1983 Vigentes
Neuquén	LEY 899 Código de Aguas Sanción sanc. 11/9/1975; promul. 26/9/1975; publ. 24/10/1975 DECRETO 790/1999 Código de Aguas. Reglamentación del 30/03/1999; publ. 30/03/1999
Río Negro	LEY 2952 Código de Aguas. sanc. 28/12/1995; promul. 5/2/1996; publ. 18/3/1996 LEY 3677 Código de Aguas. Modificación 12/9/2002sanc. ; promul. 25/9/2002; publ. 7/10/2002
Salta	LEY 7017 Código de Aguas. Principios. Uso del agua pública. sanc. 21/12/1998; prom. parcial 24/12/1998; publ. 11/1/1999 DECRETO 2299/2003 Código de Aguas Reglamentación del 20/11/2003; publ. 15/12/2003

Continúa...

San Juan	LEY 4392 Código de Aguas sanc. 21/2/1978; promul. 21/2/1978; publ. 12/4/1978 LEY 6872 Código de Aguas. Modificación sanc. 11/6/1998; promul. s/f; publ. 8/7/1998 LEY 6946 Código de Aguas. Modificación sanc. 22/7/1999; promul. 5/8/1999; publ. 25/8/1999
San Luis	LEY 5122 Código de Aguas. sanc. 17/9/1997; promul. 25/9/1997; publ. 3/10/1997
Santa Cruz	LEY 1451 Aguas Públicas Provinciales No Marítimas. Estudio, uso y preservación. Régimen sanc. 17/05/1982; promul. 17/05/1982; publ. 27/05/1982 LEY 2625 Aguas públicas provinciales. Régimen. Modificación sanc. 11/7/2002; promul. 2/8/2002; publ. 8/8/2002 LEY 2701 Aguas públicas provinciales. Régimen. Modificación sanc. 8/7/2004; promul. 30/7/2004; publ. 10/8/2004
Santa Fe	Normativa dispersa. Se ha elaborado proyecto de Código de Aguas.
Santiago del Estero	LEY 4869 Código de Aguas. Sanción 21/4/1980; promul. 21/4/1980; publ. 22/5/1980 LEY 6537 Código de Aguas. Modificación sanc. 24/4/2001; promul. 11/5/2001; publ. 16/5/2001
Tierra del Fuego	
Tucumán	LEY 7139 Domino de las Aguas. sanc. 17/5/2001; promul. 13/6/2001; publ. 27/6/2001 LEY 7140 . Modificación. s11/6/200128/6/2001 anc. ; promul. 13/6/2001; publ.

Fuente: Falótico y Nicosia, 2007.

ción para el desarrollo del riego, se perciben importantes falencias tales como, obsolescencias y falta de reglamentación de muchos Códigos de Agua, existencia de otras leyes que regulan usos o situaciones específicas independientes del mismo, inadecuado tratamiento de los problemas ambientales relacionados con el agua y con el riego en particular.

En forma general, puede decirse que el agua tanto superficial como subterránea en todas las provincias argentinas es un bien público, sujeto de explotación por el sector privado bajo un régimen de concesión o permisos de diferentes categorías otorgados tanto unos como otros por el Estado, manteniendo este en todos los casos la facultad de 'policía' o control sobre el uso.

2.5. Situación actual del riego y drenaje

De acuerdo a los datos oficiales la superficie nacional bajo riego se mantiene estancada en 1.500.000 hectáreas según puede observarse en la Tabla 6, superficie

que representa tan solo de 4 a 5 % del total de las tierras cultivadas del país.

Sin embargo estos datos nacionales no resultan totalmente representativos de la situación actual del riego en el país porque las estimaciones de informantes calificados y del trabajo en marcha del INTA sobre superficie regada en las regiones sub-húmeda y semiárida del país indican, un incremento sustancial de la superficie bajo riego en los últimos años que no se ha registrado aún en las estadísticas nacionales (Columna 6, Tabla 6) y la intensificación del avance de los sistemas de aplicación presurizados que ya se apreciaban en el último período intercensal.

Superficie regada por provincia

La Tabla 7 muestra la superficie regada por provincia, según los registros del último Censo Agropecuario disponible, el del año 2002.

El hecho de que a nivel nacional el área regada represente únicamente entre un 4 y 5 % del total de la superficie cultivada, esconde diferencias regionales que es impor-

Tabla 6. Evolución de la superficie bajo riego en la Argentina

1986 ⁽¹⁾	1988 ⁽²⁾	1990 ⁽³⁾	1995 ⁽⁴⁾	2002 ⁽⁵⁾	2008 ⁽⁶⁾
1.532.188	1.246.748	1.760.000	1.347.070	1.355.241	1.800.000

(1) INTA, 1986; (2) INDEC, CNA'88; (3) FAO, 1990; (4) PROSAP, 1995; (5) INDEC, CNA '02 (6) INTA-PROSAP (estimaciones).

Tabla 7. Superficie bajo riego por provincia

Provincia	Superficie (ha)
Mendoza	267.889
Buenos Aires	166.483
Salta	118.898
Sgo. del Estero	107.188
Córdoba	93.835
Jujuy	91.575
San Juan	79.516
Río Negro	72.784
Entre Ríos	71.736
Tucumán	66.025
Santa Fe	62.145
Catamarca	61.848

Provincia	Superficie (ha)
Corrientes	59.014
La Rioja	41.817
San Luis	18.575
Chubut	18.155
Neuquén	15.798
Chaco	7.550
La Pampa	4.715
Formosa	4.002
Santa Cruz	3.841
Misiones	170
Tierra del Fuego	0

tante considerar en relación a la caracterización del riego en el país. Esta relación por provincia (Tabla 8) demuestra la gran importancia que el riego adquiere en casi la mitad de las provincias argentinas y en particular, como no podía ser de otra manera, en las situadas en la región árida del país.

Empresas Agropecuarias Productivas (EAP)³ con riego

El análisis de las EAP permite confirmar la importancia relativa del riego y analizar otros aspectos relacionados al riego.

3 La información censal no se refiere a número de parcelas sino a las EAP, que incluyen en ellas a todas las parcelas que se manejan como una unidad productiva.

La Tabla 9, presenta el número de EAP con riego a nivel nacional y provincial y el porcentaje que representan estas, en el total de las unidades productivas. Los datos confirman la importancia relativa del riego en la mayoría de las provincias ubicadas en la región árida y semi-árida del país.

Cultivos regados

De acuerdo a la información oficial del CNA 2002, (INDEC, 2002) los cultivos regados en Argentina son muy variados y predominan, entre los grandes grupos de cultivos (Tabla 10), los frutales con un 31% y los cereales con un 22% (Figura 3).

Las áreas porcentuales dentro de los grandes grupos, se presentan en la Tabla 11. Puede observarse que predo-

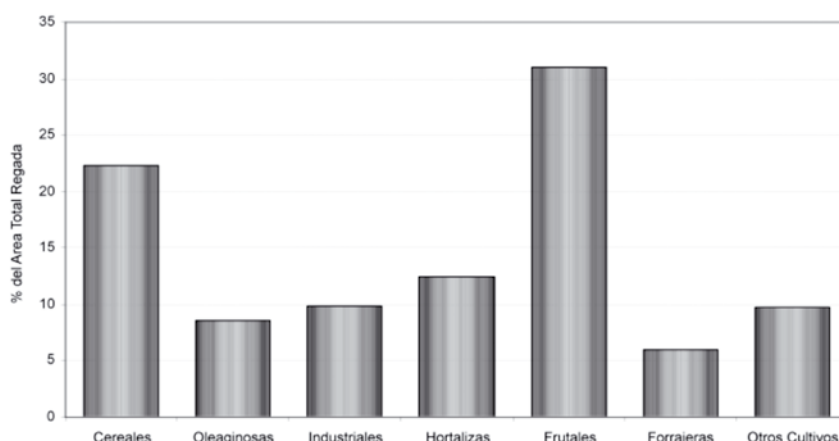
Figura 3. Distribución porcentual del área regada según grandes grupos de cultivos

Tabla 8. Proporción del área cultivada provincial que se realiza con riego

Provincia	Área riego/área total cultivada (%)	Provincia	Área riego/área total cultivada (%)
San Juan	99	Tucumán	10
Mendoza	99	Entre Ríos	3
La Rioja	64	Formosa	3
Jujuy	64	San Luis	2
Río Negro	62	Santa Fe	2
Chubut	43	Buenos Aires	1
Santa Cruz	39	Córdoba	1
Catamarca	34	Chaco	1
Neuquén	30	Tierra del Fuego	0
Salta	16	La Pampa	0
Corrientes	13	Misiones	0
Sgo.del Estero	11		

Elaborado en base a información del CNA 2002, INDEC.

Tabla 9. N° de EAP con riego y proporción sobre su total

Provincia	N° EAP con riego	EAP con riego/ Total EAP (%)	Provincia	N° EAP con riego	EAP con riego/ Total EAP (%)
Mendoza	22.460	79	Chubut	1.000	28
San Juan	5.962	75	Corrientes	751	5
Catamarca	5.484	82	Santa Fe	676	2
Jujuy	4.043	65	Entre Ríos	513	2
La Rioja	3.896	67	Chaco	149	1
Sgo.del Estero	3725	34	Formosa	122	1
Salta	3.526	63	San Luis	113	3
Río Negro	3.370	48	Misiones	88	0
Buenos Aires	2.717	5	Santa Cruz	72	8
Tucumán	2162	23	La Pampa	70	1
Neuquén	1.862	85	Tierra del Fuego	3	3
Córdoba	1.699	7			

Tabla 10. Integración de los grandes grupos de cultivos relevados en el CNA 2002

Gran Grupo	Cultivos incluidos
Cereales	Arroz, maíz, trigo, otros cereales
Oleaginosos	Girasol, soja, otras oleaginosas
Industriales	Caña de azúcar, algodón, tabaco, otros cultivos industriales
Hortalizas	Papa, legumbres, otras hortalizas
Frutales	Limonero, mandarino, naranjo, otros citrus, de pepita, de carozo, secos, olivo, menores, otros frutales
Pasturas	Sin discriminar
Otros cultivos	Sin discriminar

Tabla 11. Distribución de las áreas regadas de cultivos dentro de los grandes grupos.

Gran Grupo de cultivos	Cultivos	% del Área regada del GG
Cereales	Maíz	36
	Arroz	37
	Trigo	25
	Otros Cereales	2
Oleaginosos	Soja	83
	Girasol	8
	Otros Oleaginosos	9
Cultivos Industriales	Caña de Azúcar	61
	Tabaco	26
	Algodón	2
	Otros Cultivos Industriales	12
Frutales	Cítricos	6
	Vid	46
	De Pepita	14
	De Carozo	11
	Olivo	7
	Otros Frutales	17
Hortalizas y Legumbres	Papa	17
	Legumbres	7
	Otras Hortalizas	76
Pasturas	Pasturas	100

minan el arroz y el maíz entre los cereales, la soja entre los oleaginosos, la caña de azúcar entre los industriales y la vid entre los frutales. En función de la información disponible no es posible discriminar entre las hortalizas y las pasturas.

En relación a la distribución espacial de los cultivos regados, la Tabla 12 presenta la superficie regada de los grandes grupos de cultivos en relación a las grandes áreas agroclimáticas utilizadas en este análisis. Pese a lo grueso del agrupamiento son claras algunas concentraciones, como el riego de cereales en la región húmeda, de los oleaginosos e industriales en la región semiárida y la de los frutales en la árida.

Métodos de riego utilizados

A nivel nacional, en la Argentina, como a nivel mundial, los riegos gravitacionales o por superficie se aplican sobre la mayor parte de la superficie bajo riego (Tabla 13). Los riegos presurizados (localizados y de aspersión) han tenido sin embargo una importante expansión en base a estimaciones realizadas por referentes calificados durante el período 2002 – 2009.

Los datos confirman la hipótesis clásica de que la mayor aplicación de los sistemas localizados se realiza en las regiones con menor disponibilidad hídrica y en los cultivos más intensivos y/o en aquellos cuya producción se destina mayormente a la exportación y/o mercados de alto poder adquisitivo.

La Tabla 14 permite analizar la aplicación de los diferentes métodos en los cultivos. El riego gravitacional se aplica en todos los cultivos pero predomina en los frutales y cereales; el 78% de la superficie bajo aspersión riega cultivos extensivos de cereales y oleaginosos mientras que los métodos localizados, se aplican prácticamente en su totalidad en los cultivos de frutales.

En la Tabla 15 el análisis se hace por cultivos, observándose que casi el 50% de los cereales y oleaginosos se riegan por aspersión, que el 90% de los cultivos industriales y forrajeros son regados por gravedad y que si bien los sistemas localizados han crecido considerablemente en los últimos años en frutales y hortalizas, alrededor de las dos terceras partes de la superficie de estos cultivos se riega todavía por superficie.

Tabla 12. Distribución de las áreas regadas de los grandes grupos de cultivos en las regiones agroclimáticas

Región	Cereales	Oleaginosas	Industriales	Hortalizas	Frutales	Forrajeras	Otros Cultivos
Húmeda	62	40	22	36	5	7	32
Semiárida	34	53	73	30	5	51	11
Árida	4	7	5	34	90	42	58

Fuente: Elaborado en base a información del CNA 2002.

Tabla 13. Superficie irrigada (ha) según métodos de riego

Región		Gravitacional	Aspersión	Localizado
Húmeda		231.927	154.532	25.943
Semiárida		267.984	99.586	9.267
Árida		446.665	27.243	92.455
Total	ha	946.575	281.361	127.665
	%	70	21	9

Fuente: INDEC, CNA 2002.

Tabla 14. Distribución porcentual de los distintos métodos de riego entre grandes cultivos

Cultivos	Gravitacional	Aspersión	Localizado		
			Goteo	Microaspersión	Otros
Cereales	19	43	0	9	39
Oleaginosas	5	25	0	2	5
Cult. Industriales	14	4	4	0	2
Hortalizas	12	14	7	1	7
Frutales	35	9	88	88	34
Forrajeras	6	2	0	0	3
Otros cultivos	9	4	1	0	10
Total	100	100	100	100	100

Fuente: Elaborado en base a información del CNA 2002, INDEC; 2002.

Tabla 15. Distribución porcentual de las áreas regadas de cultivos según método de aplicación

Cultivos	Gravitacional	Aspersión	Localizado			Total
			Goteo	Microaspersión	Otros	
Cereales	55	43	0	0	1	100
Oleaginosas	35	64	0	0	0	100
Cult. Industriales	87	10	3	0	0	100
Hortalizas	67	27	5	0	0	100
Frutales	70	6	21	3	1	100
Forrajeras	91	8	0	0	0	100
Otros cultivos	86	12	1	0	1	100

Fuente: Elaborado en base a información del CNA 2002, INDEC; 2002.

2.6. Riego versus medio ambiente y energía

La problemática ambiental del riego tiene que ver principalmente con la elevación de la capa freática en muchos de los sistemas de riego, la salinización, y sodificación de los suelos por salinización secundaria (desde la capa freática fuertemente ionizada) y por el uso de aguas con altos contenidos salinos y/o bicarbonatadas sódicos.

La información sobre superficie afectada por salinidad y problemas de drenaje (capa freática cercana a la superficie) del último estudio que cubre la totalidad del país se presenta en la Tabla 16. La información se ha actualizado solo parcialmente en algunas provincias y muchas veces en sectores de los sistemas de riego. De todos modos estos estudios permiten suponer que la situación no es muy diferente de la presentada en la tabla.

La información de la Tabla 16 puede sin embargo, transmitir una idea sobre dimensionada de salinidad y anegamiento, los principales problemas ambientales relacionados al riego. Esto se debe a que en gran parte de la superficie, informada hoy como salinizada, fue abandonada la producción por otras razones, principalmente de rentabilidad, y el no uso aceleró el proceso de salinización.

Los problemas de salinización en áreas que se mantienen en producción, están fuertemente ligados a la baja

Tabla 16. Área afectada por salinidad y drenaje

Provincia	Áreas afectadas	
	Salinidad	Drenaje
Jujuy	11.500	10.000
Salta	57.791	17.584
Tucumán	60.393	51.941
Sgo. del Estero	33.370	33.370
Catamarca	1.517	
Córdoba	3.747	
San Luis	2.436	2.250
La Rioja	1.200	700
Mendoza	255.940	255.310
San Juan	76.566	55.000
Chubut	12.646	20.969
Santa Cruz	-	
La Pampa	1.982	2.500
Neuquén	3.038	4.367
Río Negro	46.423	52.975
Buenos Aires	12.500	43.750
Entre Ríos	-	
Corrientes	-	
Santa Fe	1.600	4.000
Chaco	500	
Formosa	-	
Total	584.049	554.716

Tabla 17. Fuente de Energía utilizada para el bombeo de pozos

Provincia	Combustible	Electricidad	Presión Natural ⁴	Otros	Total
Mendoza	992	9.561	729	321	11.603
Buenos Aires	2.624	2.532	70	874	6.100
San Juan	1.217	1.153	189	76	2.635
Entre Ríos	744	715	11	155	1.625
Santa Fe	685	585	15	176	1.461
Córdoba	477	290	74	256	1.097
La Rioja	110	592	127	159	988
Salta	197	319	17	72	605
Sgo. del Estero	75	239	253	37	604
Tucumán	79	189	87	91	446
Catamarca	168	165	3	106	442
San Luis	97	154	4	25	280
Jujuy	49	89	28	15	181
La Pampa	5	29	2	39	75
Total (N°)	7.519	16.612	1.609	2.402	28.142
Total (%)	27	59	6	9	100

Fuente, INDEC, CNA 2002.

4 - Se refiere a aquellos pozos denominados ‘surgentes’ porque el agua alcanza la superficie impulsada por la presión en la que se encuentra en el acuífero.

eficiencia en la aplicación de los sistemas de riego superficial mayoritariamente utilizados y a la posición topográfica; generalmente son áreas de baja pendiente ubicadas en las partes bajas de las cuencas. Los problemas de drenaje por su parte, también se relacionan muchas veces a la excesiva recarga del acuífero freático por las pérdidas de agua desde los terrenos regados y/o canales de conducción, la mayoría en tierra.

La calidad de las aguas de riego, no es un problema generalizado a nivel nacional, sin embargo constituye un factor importante a tener en cuenta en situaciones particulares. En la provincia de San Juan existen aguas con altos contenidos de boro, las aguas del río Salado en Santiago del Estero, alcanzan niveles salinos de 5 ds/m en algunos momentos del año, la aguas de los acuíferos Puelches y Pampeanos- principales fuentes de agua para riego suplementario en la zona núcleo argentina ubicado en el norte de la provincia de Buenos Aires, el sur de Santa Fe y el sud-oeste de Córdoba- son aguas bicarbonatadas sódicas.

En la relación del riego y la energía, existen como en las otras cuestiones antes descriptas, diferencias entre las provincias. Los problemas actuales se relacionan con el alto costo de la energía dado que en la mayoría de las situaciones no existen tarifas diferenciales por franja horaria o destino.

La energía plantea importantes interrogantes a futuro; la expansión del riego presurizado es una tendencia irreversible, y particularmente del riego suplementario que es altamente dependiente del uso de agua subterránea y energía. Entre otros factores, obedecerá a la positivamente resolución del suministro de energía en tiempo y forma las posibilidades del desarrollo de dicha técnica de riego.

La Tabla 17 muestra la fuente de energía utilizada para la extracción de agua en los pozos de las 14 provincias que más utilizan pozos.

2.7. Proyectos de investigación y desarrollo

Resulta muy difícil inventariar todos los proyectos de investigación y desarrollo relacionados con temas de riego, ya que existe un alto número de instituciones dedicadas a la investigación agropecuaria y diversas fuentes de financiamiento de las propias instituciones y fondos competitivos como el Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCyT) a nivel nacional.

Las principales instituciones que abordan proyectos de investigación relacionados al tema de riego son el INTA

y las Universidades y en menor medida algunos de los centros del Instituto Nacional del Agua y el CONICET.

La Tabla 18 presenta un listado de proyectos de investigación relevados. Puede observarse que los mismos cubren el inventario del recurso, aspectos básicos como la determinación de las necesidades de agua de los cultivos, tecnologías para la gestión y evaluación de desempeño de sistemas colectivos de riego, gestión de la aplicación del agua a nivel de finca, aspectos agronómicos como el manejo del riego en los cultivos relevantes de las diferentes regiones, y de rotaciones de cultivos bajo riego suplementario hasta aspectos ambientales relacionados al riego como la salinización de suelos, el drenaje agrícola y el uso de aguas de baja calidad incluyendo las recicladas.

2.8. Vacíos y desafíos tecnológicos

Los grandes desafíos de la agricultura irrigada de hoy son aumentar la producción de alimentos con un menor uso del recurso (aumento de la productividad del agua o disminución de la huella hídrica), acrecentar su capacidad de competencia ante otros usos y prepararse para los cambios en la oferta de agua por efecto del cambio climático. La alta variabilidad climática le genera a las instituciones de innovación y transferencia de tecnología el gran desafío de mantener un proceso continuo de mejora tecnológica para mitigar sus efectos y generar a largo plazo respuestas al cambio climático.

En la Tabla 19 se presentan los principales vacíos de información y desafíos que enfrenta hoy la generación de tecnología.

A partir de los vacíos muchos son los desafíos que el sector de riego argentino tiene por delante si pretende contribuir al desarrollo sustentable y cumplir con el objetivo de aumentar la producción de alimentos y cultivos industriales con menor uso de agua y sin afectar el ambiente. En la Tabla 20 se presentan los desafíos que se consideran más importantes en el corto plazo.

2.9. Financiamiento de la investigación en riego y drenaje

Las fuentes de financiación de los proyectos de investigación son generalmente las propias instituciones de investigación como el INTA, las Universidades, los fondos competitivos nacionales como el FONCyT, los fondos competitivos internacionales como Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO) o la Unión Europea (UE) y en menor medida los Gobiernos provinciales.

Tabla 18. Listado de proyectos de investigación relacionados a riego

PROYECTO	INSTITUCIÓN
Determinación de indicadores de desempeño de sistemas de riego y generación de una base de datos online. ²	INTA ³
Caracterización de la eficiencia de aplicación y distribución de sistemas de superficie ²	INTA ³
Determinación de necesidades de agua de cultivos relevantes ²	INTA ³
Desarrollo de tecnologías de manejo de riego en cultivos relevantes ²	INTA ³
Caracterización de la salinidad relacionada a la eficiencia de aplicación ²	INTA ³
Estudio de la dinámica del nivel freático ²	INTA ³
Caracterización del riego Suplementario ⁴	INTA ⁵
Desarrollo de Tecnologías de Manejo de cultivo y riego Suplementario ⁴	INTA ⁵
Estudio del efecto de la calidad del agua en riego suplementario ⁴	INTA ⁵
Proyecto Regional Frutícola	INTA – ALTO VALLE
Riego en olivos	INTA CATAMARCA
Riego en alfalfa	INTA CATAMARCA
Riego en comino	INTA CATAMARCA
Riego en caupi	INTA CATAMARCA
Lisimetria en olivo	INTA CATAMARCA
Proyecto Regional de Agricultura Sustentable	INTA-EEA CORDOBA
Proyecto Regional de Gestión Agroambiental	INTA-EEA CORDOBA
Efecto del nivel de carga frutal en montes de olivo sobre el consumo de agua. Atenuación del ciclo bianual del rendimiento a través del riego.	INTA-EEA JUNIN
Efecto de diferentes programaciones de riego en las relaciones hídricas y crecimiento vegetativo en olivos jóvenes.	INTA-EEA JUNIN
Proyecto Regional de Recursos Naturales	INTA-EEA MENDOZA
Proyecto Regional de Viticultura	INTA – EEA MENDOZA
Proyecto Regional de Recursos Naturales	INTA-EEA SALTA
Estudios sobre riego deficitario controlado (RDC) en olivo	INTA-EEA SAN JUAN
Determinación de necesidades hídricas del cultivo de olivo.	INTA-EEA SAN JUAN
Determinación de costos operativos y análisis de rentabilidad de los principales cultivos con riego tradicional y presurizado en San Juan	INTA-EEA SAN JUAN
Estrategias para incrementar el desarrollo radicular y productividad en vid y olivo ante presencia de niveles freáticos superficiales	INTA-EEA SAN JUAN
Efecto de la modificación del pH del agua de riego y la incorporación de enmiendas cálcicas sobre la eficiencia de lavado de suelos aluvionales afectados por sales	INTA-EEA SAN JUAN
Proyecto Regional para la Llanura Chaqueña Centro	INTA- EEA SGO. DEL ESTERO
Proyecto Regional para la Llanura Chaqueña Este	INTA – EEA SGO. DEL ESTERO
Eficiencia de uso de agua, nutrientes y energía en zonas semiáridas	INTA- VALLE INFERIOR
Agua para comunidades campesinas- Plan Puna	Fac. de Tecn. y Cs. Aplicadas. Univ. Nacional de Catamarca
Reuso de aguas residuales del Departamento Capital para el riego de olivo	Fac. de Cs. Exactas. Univ. Nacional de Catamarca
Estudio hidrogeológico del valle central de Catamarca, actualización y ampliación del modelo matemático realizado en 1985	Dir. de Hidrología. Subsec. de Planificación de los Recursos Hídricos. Secretaría del Agua y el Ambiente de Catamarca
Degradación física y química de suelos regados con aguas subterráneas	Fac. de Ciencias Agrarias, Univ. Nacional del Litoral
Sostenibilidad de rotaciones agrícolas bajo riego suplementario con agua superficial en el Dto. San Jerónimo, Santa Fe	Fac. de Ciencias Agrarias, Univ. Nacional del Litoral

1 Son módulos en un gran proyecto sobre Desarrollo de Tecnologías para el saneamiento y recuperación de tierras y optimización de sistemas de riego en áreas de regadío.

2 Se ejecuta en las Estaciones Experimentales de Salta, Sgo. del Estero, Catamarca, San Juan, Mendoza, Hilario Ascasubi, Alto Valle, Valle Inferior, Trelew

3 Son módulos o líneas en el gran proyecto Desarrollo de tecnologías para la optimización de sistemas de riego complementario en regiones húmedas, subhúmedas y semiáridas.

4 Se ejecuta en las Estaciones Experimentales de Manfredi, Reconquista, Olivero, Pergamino, Balcarce, San Luis

Tabla 19. Vacíos de información, estructurales y tecnológicos para mejorar aprovechamiento del riego

INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN
Información climatológica dispersa y de baja disponibilidad en tiempo real
Bajo uso de pronósticos climáticos y de disponibilidades de mediano plazo
Incompleto inventario del recurso especialmente el subterráneo, identificación y cuantificación de zonas de recarga
ASPECTOS INSTITUCIONALES Y ORGANIZATIVOS
Vacíos legales en algunas provincias. Falta de reglamentación de leyes.
Escasa capacitación de los actores que usan el agua
Falta de decisión política para descentralizar la administración del recurso
Escasa participación de los usuarios en la administración del recurso
Escaso desarrollo de la informatización para la gestión del riego
INFRAESTRUCTURA Y TECNOLOGÍA DE GESTIÓN Y APLICACIÓN
Infraestructura de riego incompleta y/o deteriorada
Infraestructura de drenaje insuficiente y con bajo mantenimiento
Desconocimiento o falta de adopción de tecnologías modernas de operación y distribución del agua de riego
Uso ineficiente de los equipos disponibles
Ausencia de tecnificación del riego de superficie
AGRONOMÍA DEL RIEGO
Insuficientes estudios sobre consumo hídrico de los cultivos
Insuficientes estudios sobre manejo del riego para mejorar la EUA.
Baja integración del riego en las estrategias de manejo de los cultivos
Falta de estudios del efecto de aguas de baja calidad en diferentes ecoregiones
Falta de estudios económicos
TECNOLOGÍA PARA MINIZAR EL IMPACTO NEGATIVO DEL RIEGO
Escasa aplicación del drenaje parcelario
Escaso conocimiento sobre tecnologías de recuperación (lavado) de suelos
Escaso conocimiento sobre tecnologías para el uso de aguas de baja calidad

Tabla 20. Principales desafíos del riego en el corto y mediano plazo

Completar el inventario de los recursos hídricos en particular el subterráneo
Desarrollar políticas de promoción del riego
Modernización de los marcos legales en sintonía con políticas de desarrollo
Aprovechar las grandes fuentes superficiales de agua como río Paraná, etc.
Organizar el aprovechamiento de las aguas subterráneas.
Modernizar la gestión de los sistemas colectivos de riego
Fortalecer las Agencias gubernamentales y Asociaciones de Regantes
Desarrollar programas de extensión en riego
Desarrollar sistemas de programación del riego en tiempo real
Tecnificar los sistemas de aplicación mejorando la eficiencia de aplicación
Mejorar la productividad del agua integrando recomendaciones agronómicas con tecnologías modernas de oportunidad de riego
Implementar sistemas de utilización de aguas residuales

La diversidad de proyectos de investigación y extensión y la dificultad de obtener un listado exhaustivo de los mismos hace imposible obtener información detallada del monto destinado a proyectos de investigación y extensión relacionados a riego.

En función de la información disponible la Tabla 21 presenta una estimación de los valores medios anuales de gastos operativos (sin incluir sueldos de investigadores, cuota- parte de instrumentos, vehículos e instalaciones) de los últimos tres años.

2.10. Conclusiones

El desarrollo del riego en la Argentina se inició en las regiones áridas y semiáridas y en todas ellas por el esfuerzo de particulares. Con el aumento de la explotación, el inicio de los conflictos entre usuarios el Estado nacional y en menos medida los provinciales, se hicieron cargo de las obra, promoviendo un primer ciclo modernizador del riego en el país. Estas obras, mayormente desarrolladas desde 1950 a 1975, tuvieron claros objetivos geopolíticos y desarrollista, basados en el paradigma de la época que asignaba al riego una capacidad de desarrollo por sí mismo.

Los mencionados objetivos, fueron logrados parcialmente, el riego posibilitó el asentamiento de buena parte de

Tabla 21. Fondos operativos de proyectos de investigación y extensión en riego. Valores medios anuales del último trienio.

Proyecto y organismo	Financiación anual aproximada	
	\$	U\$S
Proyecto nacionales de INTA	680.000	179.000
Proyecto regionales de INTA	540.000	142.000
Proyecto universidades	316.000	83.000
Proyectos FONCYT		
TOTAL	1.536.000	404.000

la población de esas regiones. Sin embargo a lo largo de los años, fue evidente que los sistemas de riego, son un factor necesario pero no suficiente para lograr el desarrollo sostenido de las regiones. Más aún, una incorrecta gestión y una falta de inversión posterior, provocaron que en muchas áreas se produjera un deterioro de las obras y del recurso del suelo.

Hoy el riego parece tener una nueva oportunidad, existe en general un contexto macro-económico nacional e internacional razonablemente favorable. Las predicciones del aumento sostenido de la demanda de alimentos, fi-

bras y biocombustible le asignan al riego un rol preponderante en función de su mayor productividad.

Como resultado de este contexto favorable, la superficie regada con sistemas presurizados va en aumento con el aporte directo del sector privado, mientras que el Estado incluye al riego en los planes de obras públicas.

Sin embargo, para cumplir su objetivo y ser sustentable, se deberán resolver los vacíos de información y tecnología enumerados en la Tabla 19 y vencer favorablemente los desafíos actuales (Tabla 20).

3.1. Introducción

Bolivia presenta una superficie de 1.098.581 km² (109.858.100 hectáreas), donde el 78% de la población se concentra en el 42% del territorio (altiplano y valles), lo que genera una gran presión sobre los recursos naturales. Producto de ello en los últimos 50 años ocurrieron cambios significativos en el uso de la tierra, causados por la implementación de diferentes modelos de producción. Actualmente pueden reconocerse cuatro categorías generales de uso: agricultura no mecanizada o parcialmente mecanizada; agricultura empresarial mecanizada; ganadería; y bosques.

La agricultura no mecanizada o parcialmente mecanizada, ocupa aproximadamente 4,6 millones de hectáreas, y está conformada por agricultores del altiplano, de los yungas, trópico y comunidades indígenas de las zonas bajas. La agricultura empresarial mecanizada ocupa 3,2 millones de hectáreas y está conformada por empresarios cruceños, colonias de emigrantes extranjeros, empresarios brasileños y corporaciones agro-industriales. La ganadería ocupa 26 millones de hectáreas, que incluye explotaciones intensivas y con pastoreo extensivo de ganado. Los bosques, con producción y conservación forestal, se desarrollan en 43,8 millones de hectáreas, que incluye compañías privadas, reservas indígenas y tierras del Estado. Además hay 19 millones de hectáreas de tierras públicas que han sido declaradas como áreas protegidas.

La expansión de la frontera agrícola en el trópico boliviano ha afectado notablemente a los bosques, siguiendo una tendencia creciente. Se estima que en el periodo 2001-2004 el promedio anual de deforestación fue de 224.000 hectáreas; las zonas afectadas por este fenómeno son áreas del departamento de Santa Cruz, norte paceño y trópico cochabambino. La habilitación de tierras está siendo destinada al uso por las corporaciones agro-industriales, productores (pequeños, medianos y grandes), por nuevas colonias asentadas en las zonas bajas como producto de la migración de los indígenas de las zonas altas. Los cultivos preferidos en dichas zonas son: la caña de azúcar, algodón, arroz, soja, maíz y girasol. El crecimiento de la

actividad ganadera de los departamentos de Beni y Santa Cruz también amplió las áreas de pastizales a costa de la desaparición de áreas boscosas.

Pese a ello la producción de alimentos proveniente esencialmente de la agricultura de secano, es insuficiente para cubrir las necesidades de la población, debido a que los rendimientos de los cultivos están entre los más bajos de la región, por ejemplo el cultivo de papa con una producción promedio de 5.600 kg/ha, trigo con 1.200 kg/ha y uva de mesa con 5.700 kg/ha. La participación del sector agropecuario en el Producto Interno Bruto (PIB) alcanza al 15% y absorbe el 40 % de la población económicamente activa (PEA).

Por otro lado, la distribución de la precipitación pluvial varía según las ecoregiones. En el trópico se satisfacen parcialmente las necesidades de agua de los cultivos y es necesario efectuar riegos suplementarios en los periodos secos. En el resto del territorio nacional, a excepción de la zona del Chapare, la precipitación pluvial es insuficiente, con situaciones críticas en las regiones áridas y semi-áridas como el altiplano (departamentos de Oruro, Potosí y parte de La Paz) con precipitaciones medias de alrededor de 300 mm/año, y los valles con precipitaciones medias de alrededor de 500 mm/año, ambas zonas representan el 42% del territorio nacional.

A pesar de que en gran parte del territorio hay un marcado déficit hídrico, paradójicamente es un país que cuenta con cuantiosos recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, que son poco aprovechados. Los recursos hídricos superficiales son originados en la cordillera de Los Andes y conforman tres grandes cuencas (cuenca del Amazonas, cuenca del Altiplano y cuenca del Plata) con ríos, lagos y lagunas esparcidos por todo el territorio. En tanto que los recursos hídricos subterráneos siguen en general la configuración de las cuencas superficiales.

Dentro de ese contexto, la superficie bajo riego en Bolivia cubre solo el 9,7 % de la superficie cultivada que alcanza a 2,61 millones de hectáreas. La mayoría de los proyectos de riego ejecutados se han limitado a obras civiles,

que descuidaron la gestión, organización y mantenimiento de los sistemas de riego. El manejo del agua a nivel parcelario fue olvidado prácticamente, aspecto que en algunas situaciones provoca erosión, encharcamiento, sub y sobre riego por el mal manejo del agua. Bolivia tiene un gran potencial para incrementar su superficie de riego con la finalidad, en primer lugar de elevar los rendimientos de los cultivos para asegurar la producción de alimentos para la población y, en segundo lugar, para la exportación de los excedentes, puesto que es uno de los pocos países que aún cuenta con tierras disponibles para la agricultura.

3.2. Precipitación pluvial y recursos hídricos

3.2.1. Precipitación pluvial

La precipitación media anual en Bolivia varía según la posición geográfica, desde los 110 mm en Julaca-Uyuni al Sudoeste del país, hasta más de 5500 mm en el Chapare (Villa Tunari) al Este de Cochabamba. Al Noreste del país, en la zona de los llanos, las precipitaciones van aumentando hacia el Sur desde 1847 mm en Cobija y 1792 mm en Guayaramerin hasta 5191 mm en Chipiriri (Chapare). En la zona de los valles las precipitaciones varían de 662 mm en Sucre a 612 mm en Tarija. En la zona del Altiplano los valores de precipitación varían de 200 mm a más de 800 mm.

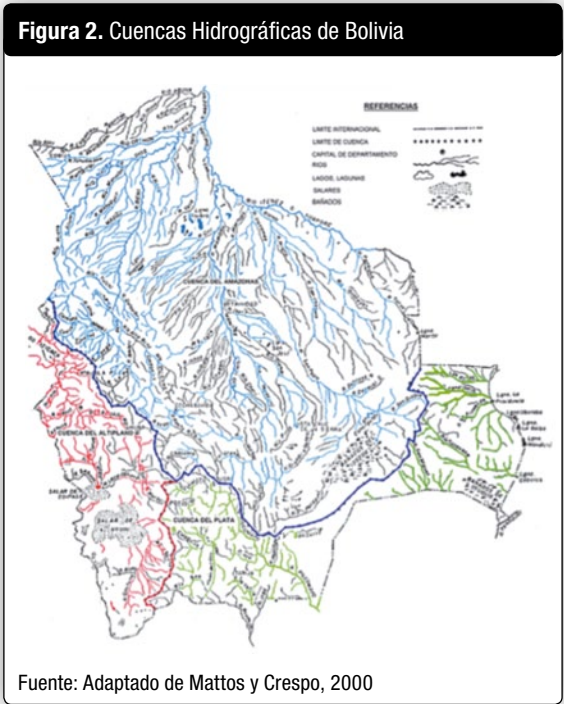
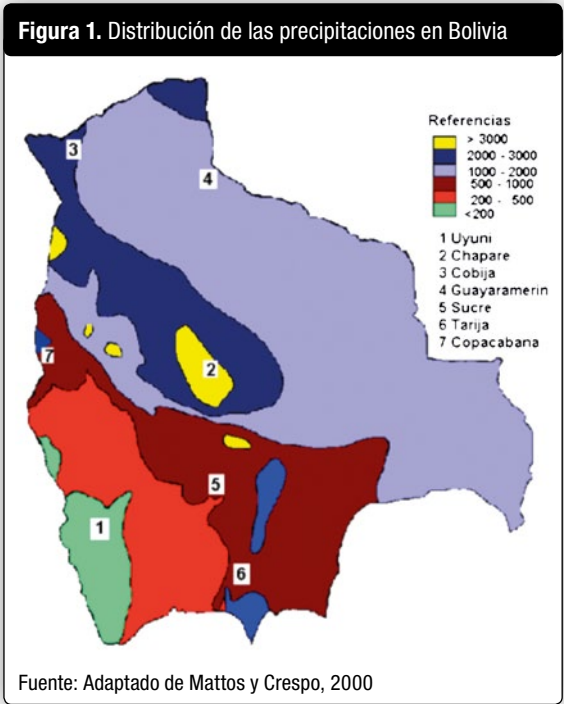
Los valores más altos se registran en la localidad de Copacabana (lago Titicaca) con valores cercanos a los 880 mm. La precipitación en esta zona disminuye progresivamente hacia el Sur conforme nos alejamos del lago Titicaca. Por ejemplo en Tacagua (zona del lago Poopó) la precipitación alcanza a los 409 mm y en el salar de Uyuni es de 165 mm (Figura 1), observándose un claro gradiente descendente desde el Noreste al Suroeste del país.

La estación lluviosa se extiende en los meses de diciembre a marzo, con valores máximos en enero y en febrero. El 70% de las precipitaciones ocurren durante estos cuatro meses. La estación seca se presenta entre los meses de mayo a agosto, con dos períodos de transición, uno en abril y otro de septiembre a octubre.

3.2.2. Recursos hídricos superficiales

El sistema hidrográfico de Bolivia comprende tres grandes vertientes o cuencas: la Amazónica que con una extensión aproximada de 724.000 km² ocupa el 65,9% del territorio nacional; la del Altiplano (cerrada o endorréica) que cubre 145.081 km² de la superficie (13,2%) y la del Plata que abarca 229.500 km² (20,9%) del territorio nacional; las tres totalizan 1.098.581 km² de la superficie total del país (Figura 2).

En general, sobre el conjunto de las tres cuencas de Bolivia, la precipitación media anual está entorno a los 1419 mm. Las tres grandes cuencas muestran importantes diferencias en cuanto al régimen pluviométrico. La cuenca Amazónica recibe en promedio 1814 mm/año, en



la cuenca del Plata llueve aproximadamente 854 mm/año y la cuenca de Cerrada (Altiplano) recibe 421 mm/año. Lo que demuestra que la cuenca Amazónica tiene el doble de precipitación que la del Plata y cuatro veces más que la del Altiplano.

La escorrentía se manifiesta principalmente en grandes magnitudes en la zona de llanura de la cuenca Amazónica, lo que en muchos casos provoca inundaciones debido a que los caudales superan la capacidad de conducción de los ríos, lo que afecta negativamente a la actividad agrícola y ganadera.

La calidad del agua para riego en las tres cuencas varía en un amplio rango de salinidad; sin embargo, los factores principales que inciden negativamente son la actividad minera e industrial sobre los cursos de agua y el contenido de sedimentos en los mismos.

Por otro lado, el uso de represas en Bolivia no es muy extendido. Entre las principales se pueden mencionar la represa de San Jacinto en el departamento de Tarija; La Angostura en el departamento de Cochabamba; Tacagua en el departamento de Oruro; Khara Khota, Tuni Condoriri, Milluni, Incachaca, Hampaturi y Ahijadera en el departamento de La Paz. La finalidad de dichas represas, de acuerdo a sus características es para consumo doméstico, generación de energía eléctrica, riego, control de sedimentos e inundaciones, turismo y piscicultura.

La ubicación del territorio boliviano en la cordillera de los Andes hace que el potencial de aprovechamiento hidráulico para la generación de energía hidroeléctrica, riego y otros usos colaterales sea alto, no obstante, el potencial hídrico está siendo subutilizado por falta de inversiones y por la oposición sistemática de grupos ambientalistas a la construcción de grandes represas.

a) Cuenca del Amazonas

La cuenca del Amazonas se encuentra ubicada en el Noreste del territorio nacional, es la más importante por los volúmenes de agua que fluyen y por ser la más extensa. Esta cuenca es compartida con Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y Guyana, con una superficie total de 6.059.000 km² y un caudal medio en la desembocadura de 180.000 m³/s. En esta cuenca vierten los ríos más importantes del país ya sea por su caudal, su navegabilidad o por su aprovechamiento potencial.

La cuenca del Amazonas comprende las subcuencas de los ríos Acre, Abuná, Beni, Mamoré, Iténez y Madera – Yata, y tiene las mayores disponibilidades de oferta de agua, debido a la extensión superficial y a las mayores precipitaciones pluviales. La mayor intensidad de precipitación se sucede en sus cabeceras, especialmente en la zona del Chapare, con precipitaciones de hasta 8.000

mm/año. Se estima que por dicha cuenca fluyen 280 mil millones de m³ de agua/año.

b) Cuenca del Plata

La cuenca del Plata está ubicada al sudeste del país y comprende además territorios de Brasil, Paraguay, Argentina y Uruguay. Comprende una extensión superficial de 3.092.000 km² y el caudal promedio en su desembocadura es 22.000 m³/s. En el territorio nacional involucra a los ríos Paraguay, Pilcomayo y Bermejo, que comparten los departamentos de Tarija, Santa Cruz, Chuquisaca, Potosí y Oruro.

En esta cuenca se registran precipitaciones pluviales que varían entre los 400 a 1.200 mm/año, con mayores intensidades en la parte norte y noreste, disminuyendo en la parte oeste y sur. Se estima que por dicha cuenca fluyen 36.000 millones de m³ de agua/año.

c) Cuenca del Altiplano o endorreica

La cuenca endorreica se encuentra ubicada al Sudoeste del país, comprende casi toda la meseta altiplánica en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí. En esta cuenca se encuentra el lago Titicaca, compartido con Perú, que se constituye en la superficie navegable más alta del mundo. La cuenca comprende los lagos Poopó, Coipasa y el río Desaguadero (que tiene como afluente al río Mauri), cuyo curso comienza en el lago Titicaca y termina en el lago Poopó después de un recorrido de 370 km, con una diferencia en altura de 124 m. En la cuenca, se encuentran también el río Márquez que afluye en el Poopó; los ríos Turco y Lauca que vierten sus aguas al lago Coipasa; el río grande de Lipez que recolecta las aguas de los ríos San Pablo Alota y otros menores que descargan sus aguas en el salar de Uyuni.

Las precipitaciones pluviales en la cuenca varían de 700 a 1.000 mm/año en la parte norte y noreste, y hasta menos de 100 mm/año en el extremo sudeste. Estimaciones dan cuenta que por la cuenca fluirían 1.600 millones de m³/año.

La subcuenca del Titicaca se encuentra ubicada en el sector norte, ocupa una superficie aproximada de 13.967 km², que representa al 1,3% del territorio nacional. Está formada por el lago Titicaca y sus afluentes como son los ríos Suches, Huaycho, Putina, Keka Jahuira, Khullu Cachi, Sehuenca, Catari y Tiahuanacu. Este lago tiene una extensión de 8,562 km² de espejo de agua a una altura promedio de 3.809 msnm, una profundidad media en el lago mayor de 135 m y en el lago menor de 23 m y un volumen de 8966.3 x 1011 m³.

3.2.3. Recursos hídricos subterráneos

En la actualidad no se cuenta con suficientes estudios de prospecciones de aguas subterráneas, motivo por el cual su uso todavía es limitado. En los departamentos de La

Paz (Altiplano Norte, Central y Sur), Santa Cruz, Oruro, Cochabamba, Tarija y Chuquisaca, el agua subterránea es utilizada para agua potable y riego de cultivos, en tanto que en el departamento del Beni es usada principalmente para consumo doméstico.

De acuerdo a su capacidad de permitir el flujo de agua superficial hacia los acuíferos subterráneos, en el país se puede encontrar tres tipos de suelos: a) suelos permeables constituidos por arena y grava suelta (partes del altiplano, valles y llanos); b) suelos semipermeables formados por arena, limo y arcilla poco consolidados (llanura chaco beniana), además de arena, grava y limo en el altiplano, y c) los terrenos impermeables constituidos por afloramiento de rocas macizas ya sean sedimentarios o ígneos (cordillera occidental, oriental y escudo brasileño).

Asimismo, existen cinco zonas hidrogeológicas que tienen diferencias según su conformación litológica y estructural, estas se ubican en: la cuenca endorreica del Altiplano; la cordillera Andina de la Vertiente Atlántica; la cuenca del Amazonas; el Pantanal Chaco Pampeano y el Escudo Central (Figura 3).

La zona hidrogeológica de la cuenca endorreica del Altiplano se encuentra al Oeste del país, corresponde a la extensa planicie altiplánica que ha sido rellenada con sedimento de origen glacial a fluvio-glacial provenientes de las cordilleras circundantes y sedimento de origen lacustre en las zonas centrales de las subcuencas de los lagos Titicaca y Poopó, y en los salares de Uyuni y Coipasa. La cantidad y calidad de las aguas subterráneas declinan hacia el Sur. En la región norte del Altiplano se tiene la subcuenca de Calamarca – Viacha - Pucarani y en el Altiplano Central la más importante es la subcuenca de Oruro-Caracollo. Esta cuenca hidrogeológica presenta una serie de embalses subterráneos que contienen volúmenes importantes de aguas subterráneas de buena calidad. Se estima que en el altiplano norte (en zonas aledañas al lago Titicaca) se pueden perforar unos 150 pozos con una producción anual de 45 millones de m³, los que servirían para regar aproximadamente 12.000 hectáreas. En la subcuenca de Oruro se estima que el volumen de agua almacenado en el embalse a través del tiempo es de 1.500 millones de m³ considerando un espesor medio del acuífero de 20 m, para una extensión de 360 km².

La zona hidrogeológica de la Cordillera Andina Vertiente Atlántica, es una cadena montañosa de sedimentos paleozoicos con intrusiones ígneas en núcleos orogénicos, tiene un ancho aproximado de 150 km, que se extiende en dirección norte-sur, limita al norte con el Perú y al sur con la Argentina. La característica hidrogeológica de la cordillera Real es la presencia de subcuencas estrechas y alargadas con gruesos depósitos aluviales y fluviales

lacustres que han dado lugar a la formación de embalses de aguas subterráneas naturales; entre estas subcuencas, las más importantes son las de Cochabamba, Sucre y Tarija. En la subcuenca de Cochabamba, se estima que hay más de 3400 pozos perforados, y que existen acuíferos libres y confinados a diferentes profundidades. En la subcuenca de Tarija los pozos excavados y perforados muestran la existencia de acuíferos libres y confinados hasta una profundidad de 100 m.

La zona hidrogeológica de la cuenca del Amazonas se encuentra al noreste de la cordillera Oriental y al oeste del Escudo Central, y continúa en el sudeste de la República del Perú. La característica fundamental es que se trata de una gran cubeta de gruesos estratos continentales horizontales a subhorizontales.

La zona hidrogeológica de la cuenca Pantanal Chaco Pampeano se encuentra situada al sudeste del país. Desde el punto de vista geológico y estructural tiene analogía con la anterior, sin embargo se distingue en las características geológicas que presenta. En estas llanuras se ha detectado un potencial de agua subterránea.

La zona hidrogeológica del Escudo Central ocupa la región noreste del país y está caracterizada por afloramientos de rocas precámbricas, principalmente rocas graníticas y metamórficas intensamente plegadas. No se presentan acuíferos continuos y la circulación de aguas subterráneas se limita a las fisuras o zonas fuertemente fracturadas.

Figura 3. Zonas Hidrogeológicas de Bolivia



Fuente: Adaptado de Mattos y Crespo, 2000

3.3. Desarrollo del riego en Bolivia

3.3.1. Riego ancestral

En el territorio de lo que hoy es Bolivia, fundamentalmente en la cuenca del Lago Titicaca y en los valles interandinos se establecieron varias culturas como la Tiwanacota, Chiripa, Mollo, etc., que se desarrollaron a partir de los años 1500 a.C.

Estas culturas para hacer frente al clima agreste de esta región, afectada especialmente por sequías y heladas, generaron tecnologías de riego, drenaje y conservación de suelos, que se describen brevemente a continuación:

a) Canales y Suka kollus en Tiwanaku

Los Tiwanakotas desarrollaron un sistema de abastecimiento y avenamiento de agua en sus poblados. También generaron la tecnología de los suka kollus, aprovechando las zonas planas que circundan al lago Titicaca.

Esta civilización fue sin duda, la más desarrollada que tuvo Bolivia, y también una de las mayores del continente suramericano, puesto que ocupó territorios del occidente de Bolivia, sur de Perú, norte de Chile y noroeste de Argentina. Prosperó un vasto Estado que en su época de esplendor alcanzó una superficie de 600.000 km², con una población de 3,6 millones de personas.

La urbe de Tiwanaku que se encuentra al sur del lago Titicaca presenta un intrincado sistema hidráulico, con canales para conducir agua, construidos en base de piedras de areniscas cortadas. Las dimensiones de dichos canales son variables, algunos presentan 0,70 m de alto por 0,45 m de ancho. El sistema de construcción de estos cana-

les presenta señales de que tanto el piso como la parte superior o tapas, estaban conformados por sendas losas rectangulares del mismo material. A fin de impermeabilizar estos conductos, se empleó una gruesa capa de arcilla.

Los suka kollus o camellones sirvieron para realizar un manejo integral del suelo, agua y planta, con lo cual pudieron obtener excelentes rendimientos de cultivos. Estos camellones, que también fueron construidos en las llanuras del departamento del Beni son la infraestructura agrícola más antigua en América del Sur, y consisten en una serie de plataformas de suelo rodeadas por canales de agua y ordenadas en haces de hileras paralelas entre sí o perpendiculares (Figura 4). Los cultivos se instalan sobre las plataformas de tierra y los canales circundantes están conectados con entradas y salidas de agua. Esto camellones fueron abandonados alrededor del año 1000 d. C., sin embargo, en los últimos años se ha desarrollado programas para la re-introducción y re-construcción de estos sistemas. La primera función de los camellones es el control del agua excedente y el aprovechamiento de las tierras bajas, susceptibles a la inundación, como las que se encuentran cerca al lago Titicaca. La segunda función es el suministro de agua a los cultivos mediante riego subsuperficial, ya que en la parte inferior de los camellones se llega a formar una capa freática. También suministran otros beneficios tales como la mitigación de heladas durante las noches.

b) Andenes

En las zonas escarpadas, a lo largo de la cordillera Oriental se desarrolló la técnica de los andenes o takanans, que son un sistema de terrazas que fueron utilizados para el cultivo de especies vegetales nativas y evitar las pérdidas de suelo por erosión. En la Figura 5 se pueden

Figura 4. Canal en templo subterráneo



Figura 5. Sistema de andenes en la zona de Amarete – La Paz



observar las dimensiones de los andenes que están en función a la pendiente de los terrenos, tipo de suelo y presencia de piedras en la zona. Muchos de estos sistemas fueron construidos cerca de fuentes de agua como manantiales para poder derivar el agua y regar las parcelas. Actualmente este sistema es ampliamente utilizado en las serranías del norte del departamento de La Paz.

c) El riego en la cultura Mollo

La cultura Mollo se desarrolló entre el tiempo que sigue al Tiwanaku expansivo y antecede al Inka, gravitando entre el año 1.150 y 1.485 de nuestra era. La cultura Mollo se presenta como un desarrollo regional del área nororiental de la cuenca del lago Titicaca que se extiende sobre zonas de puna alta altiplánica como en valles mesotermicos y medios.

Los Mollos tuvieron como base la ciudadela de Iskanwaya (Figura 6), que presenta características defensivas evidenciadas por su estilo arquitectónico y su ubicación estratégica en profundos precipicios y quebradas. El sitio está emplazado sobre el río Llika a una altura aproximada de 1.548 msnm.

En la ciudadela existe un sistema de canales para abastecimiento de la población. Para su construcción se empleó piedra pizarra en forma de lajas, estas fueron unidas por medio de un mortero de barro. Los canales en su mayoría son trapezoidales (Figura 6), algunos rectangulares y triangulares.

Los cultivos fueron abastecidos con agua a través de una red de canales de riego desde las partes altas del valle hasta las zonas de cultivo. La producción agrícola en estos valles estaba compuesta de papa, papalisa o ulluko, maíz, ajíes (locoto) y coca en los andenes más angostos.

Se cree también que pudo existir en las zonas bajas el conocimiento sobre la producción de frutales.

El canal Mama koru está ubicado en la parte superior del cerro homónimo. En esta zona existe un canal que es un acueducto precolombino que habría conducido agua hacia zonas bajas del río Llika. El canal tiene una forma trapezoidal (Figura 7) y se ubica a una altura aproximada de 1.758 msnm, donde el agua fue conducida en terrenos con elevada pendiente. Mama Koru es voz en lengua aymara que quiere decir “señora orgullosa”, debido probablemente a la topografía accidentada del lugar.

Para la construcción del canal se utilizó como materia prima la piedra pizarra tipo laja (plano), dispuesta tanto en la base como en las paredes, unas sobre otras según la inclinación del canal, tiene una altura máxima de 0,26m (posiblemente eran mas altas) con un ancho de 0,33m en la parte superior y 0,30m en la base, la que forma muy ligeramente un trapecio. Se determinó que podría haber conducido un caudal de 51 L/s, suficiente para regar 50 hectáreas (Roldán et al, 2008).

d) Acueducto de Khola

En la comunidad de Khola, ubicado en el Municipio de Sapahaqui, del departamento de La Paz, se encuentra restos de un acueducto precolombino tipo túnel construido dentro la roca. Los restos descubiertos hasta ahora alcanzan aproximadamente 100 m de longitud (Figura 8).

Dicho acueducto se encuentra a una altura de 2.100 msnm y habría conducido aproximadamente un caudal de 80 L/s. En su tramo presenta ventanas laterales de ventilación y limpieza. Actualmente dicho acueducto no



Figura 7. Canal Mama Koru y reconstrucción hipotética del flujo de agua



Figura 8. a) Vista frontal del acueducto; b) vista interior; c) ventanas laterales de ventilación y limpieza del acueducto; d) vista de la comunidad de Khola

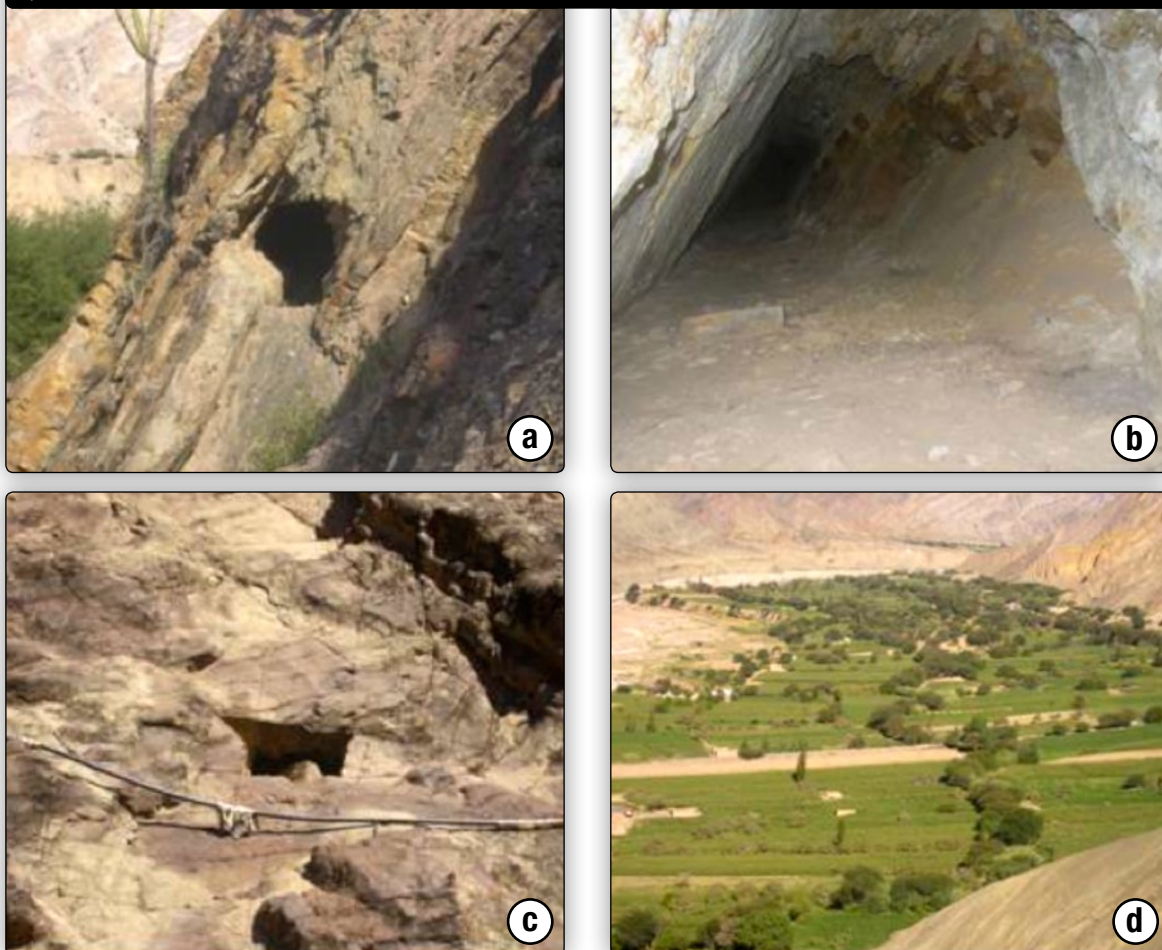
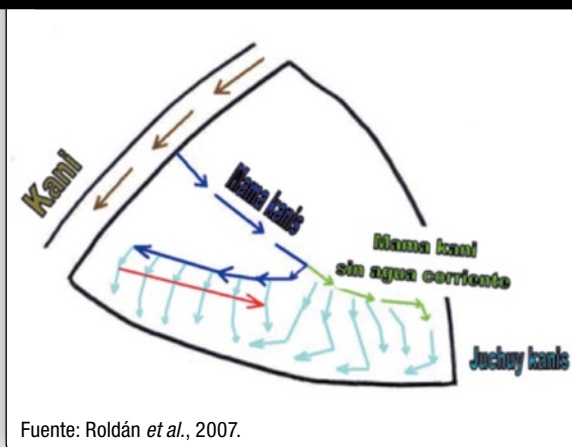


Figura 9. Campesino iniciando la apertura de un mama kani y esquematización del riego por kanis



es utilizado y los cultivos de la comunidad de Khola son regados a través de canales construidos en el siglo XX.

e) Riego por Kanis

La técnica de riego por Kanis es empleada en los valles interandinos del norte del departamento de La Paz. Consiste en regar andenes (terrazas) en zonas de topografía escarpada, con pendientes de 15 a 45 %. Inicialmente se efectúa la apertura del canal principal dentro de la misma parcela de riego, posteriormente se traza una línea imaginaria hasta el extremo superior de la parcela de modo que tenga una pendiente de 2 a 3 % y se procede a la apertura del canal de abajo hacia arriba hasta llegar al extremo inicial (mama kani). En la parcela mama kani divide el terreno en dos; en este caso, se procede al riego de la mitad inferior: se inicia la apertura de un canal mama kani para que el agua procedente de un kani entre a la parcela y la inunde. Para la construcción de los juchuy kanis (canales secundarios) dentro de la parcela, como referencia, se toma al canal principal dentro de la misma. Los juchuy kanis generalmente van en dirección opuesta a los mama kanis, estos canales también tienen inclinaciones que están entre 2 y 3 %. La longitud de los juchuy kanis es menor con relación a la de los mama kanis (Figura 9).

f) Surcos corrugados en zigzag

Los surcos corrugados en zig zag son comúnmente empleados en los valles interandinos circundantes a la ciudad de La Paz y en el departamento de Cochabamba. Se desconoce la época y origen de su uso, pero está muy ligado al riego en comunidades indígenas. Esta técnica de riego consiste en la realización de una serie de canales de tierra, normalmente de pequeña sección, perpendiculares a la dirección de la pendiente, donde los surcos van cambiando continuamente de dirección, siendo que

la longitud en el eje horizontal varía entre 2 a 6 m, y en el eje vertical de 0,4 a 1,5 m (Figura 10), lo que depende del tipo de cultivo, del tipo de suelo y de la pendiente. Ha demostrado ser un sistema tradicional de manejo conjunto del agua, suelo y cultivo, desarrollado con el objetivo de reducir la energía cinética del agua en los surcos, lo que permite disminuir las pérdidas de suelos por erosión e incrementar la infiltración del agua en el suelo. Para ello se usan caudales entre 0,05 a 0,30 L/s, con tiempos de riego variando entre 1 a 14 horas. Los agricultores aplican este sistema en terrenos con elevada pendiente (del 5 a 60%) y en suelos poco permeables con elevado contenido de arcilla y/o con elevado contenido de sodio. La mano de obra requerida en su construcción anual es elevada pero, en cambio, el manejo es fácil y una sola persona puede atender el riego de una parcela fácilmente.

3.3.2. Situación actual del riego

Una vez lograda la independencia de Bolivia, las propiedades agrícolas básicamente estaban agregadas en haciendas que eran espacios territoriales dotados por los gobernantes de turno y generalmente estaban bajo la tutela de españoles o descendientes de ellos (población criolla). El riego fue practicado con la incorporación de mejoras, principalmente estructuras de control del agua, aunque, en paralelo, existían comunidades indígenas que mantuvieron sus costumbres ancestrales de riego.

Hasta la Reforma Agraria del año 1952, principalmente en los valles del departamento de La Paz y Cochabamba y en zonas aledañas al lago Titicaca se efectuó un riego tradicional con técnicas mixtas y en algunos casos modernas. Por ejemplo el bombeo de agua del lago Titicaca para el riego de cultivos, en las cercanías de la localidad de Taraco.

Figura 10. Surcos corrugados en zigzag, y vista de parcelas en cercanías del nevado Illimani



Sin embargo, la transformación del riego se dio con el apoyo del Gobierno, que inició con la construcción de los sistemas de riego de La Angostura en Cochabamba y Tacagua en Oruro, realizada con la cooperación mejicana.

a) Inversión pública en riego y cooperación internacional

Las inversiones efectuadas en riego fundamentalmente fueron realizadas con fondos reembolsables y no reembolsables provenientes de la cooperación internacional. En la década de los años 70 del siglo XX comenzaron a ejecutarse programas y proyectos de riego con el apoyo de entidades internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO, por su sigla en inglés) y la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por su sigla en inglés). También se desarrolló el Programa de Riego Altiplano/Valles (PRAV, luego PRIV) que se coordinó con el Servicio Nacional de Desarrollo de Comunidades (SNDIC) y la Cooperación Técnica (GTZ) y financiera (KFW) de Alemania.

En 1996 con el apoyo de la cooperación internacional se formó el Programa Nacional de Riego (PRONAR) que originalmente se llamaba PRONARIC (Programa Nacional de Riego Campesino), y que luego se vino a llamar PRONARYD (Programa Nacional de Riego y Drenaje).

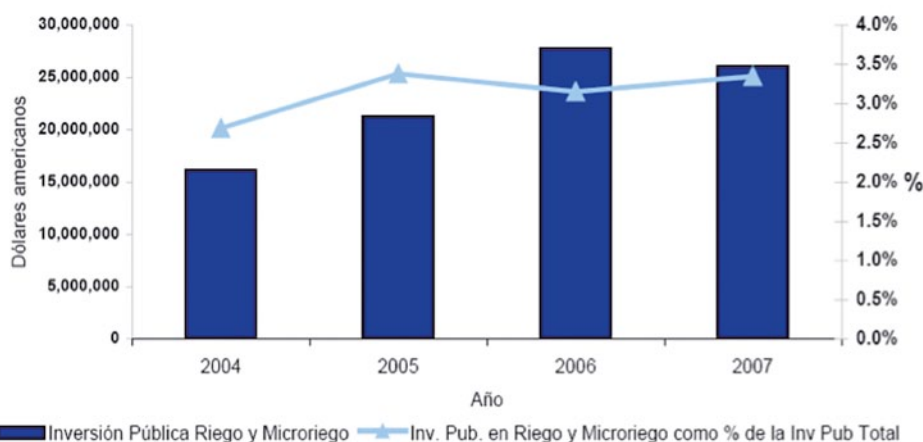
Otras entidades internacionales como el BM y el BID, apoyaron también para el desarrollo del riego en Bolivia. El PRONAR, hasta el año 2005, ejecutó 158 proyectos de riego, que abarcaron una superficie de 14000 hectáreas y benefició a 12800 familias. Asimismo, efectuó el Inventario Nacional de Sistemas de Riego (INSR), con más de 5000 registros.

A partir del año 2006, la Cooperación Alemana (KFW) está apoyando la ejecución del Subprograma de Inversiones en Riego Intercomunal (SIRIC), que depende del Viceministerio de Riego (VMR), cuya fase I se encuentra en ejecución mientras la fase II está por iniciarse. A través del SIRIC están implementando proyectos de riego medianos en los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba y Chuquisaca, siendo que la fase II incluirá al departamento de Tarija. La magnitud de inversión por proyecto oscila entre 500.000 y 4.000.000 dólares americanos. Este Subprograma está focalizado en la infraestructura de riego y medidas de acompañamiento para asegurar la participación y organización de los regantes, y no así en tecnologías para mejorar la eficiencia del uso del agua a nivel parcelario mediante riego por goteo o aspersión.

La cooperación del Gobierno del Japón desde el año 2005 ha llegado al monto de 12 millones de dólares americanos en proyectos de riego (en preparación o ejecución). Casi la mitad de estos fondos corresponde a recursos económicos para el mejoramiento del sistema de riego en La Angostura en el departamento de Cochabamba. También está apoyando al riego en el altiplano norte (cuenca del río Keka) en el departamento de La Paz, en el Altiplano Central a través del Proyecto Suma Uma en los departamentos de La Paz y Oruro, y otros relacionados con la dotación de agua para riego y agua potable. También la cooperación española a través de algunas Organizaciones No Gubernamentales (ONG) ejecutó varios proyectos de riego.

Asimismo, mediante el Programa de Apoyo a la Seguridad Alimentaria (PASA), la UE ha financiado a lo largo de los últimos años más de cien proyectos de riego, en su mayoría proyectos de pequeño tamaño en municipios de extrema pobreza.

Figura 11. Inversión pública en riego entre los años 2004-2007 y como porcentaje de la inversión pública total



Fuente: Informe Misión Alemana, 2008

Recientemente el BID acordó con el Gobierno boliviano implementar el Programa Nacional de Riego con Enfoque en Cuencas (PRONAREC). También la Cooperación Belga apoya un nuevo ciclo en dos ejes temáticos: salud y manejo de recursos hídricos, e inversiones multisectoriales en siete secciones municipales de Potosí y Chuquisaca que incluyen entre otros, obras en microriego.

La Corporación Andina de Fomento (CAF) está interesada en ampliar su actual cartera de financiamiento, que se concentra en infraestructura vial, a proyectos de riego. De igual manera el Banco Mundial aprobó una inversión de 20 millones de dólares americanos para la ejecución del tercer ciclo del Programa de Inversión Participativa en el Área Rural, para los próximos cuatro años para inversiones productivas a nivel comunal que incluyen obras en “microriego”.

De esta manera, en los últimos años la inversión pública ejecutada en proyectos de riego se ha incrementado, superando los 25 millones de dólares americanos por año (Figura 11). Este gasto fue favorecido por la bonanza fiscal que se tuvo, producto del elevado precio de los hidrocarburos y minerales. Las inversiones en riego se han mantenido relativamente constantes en alrededor de 3,3% de la inversión pública total desde el año 2004.

En algunos Gobiernos departamentales (prefecturas) casi se han duplicado las inversiones en riego desde el año 2004. En tanto en los Gobiernos municipales ha decrecido la ejecución financiera en proyectos de riego, debido a que menos del 20% de la inversión sectorial se destina a obras de microriego.

En la Figura 12 se muestra la distribución de la inversión pública ejecutada por departamentos. La inversión estuvo concentrada en los departamentos de Cochabamba

(año 2007), Tarija (año 2006) y Chuquisaca (año 2005). En cambio en los departamentos de La Paz y Santa Cruz fue reducida, pese a que estos dos departamentos están entre los mayores demandantes de riego. En los departamentos de Beni y Pando, pese a que se cuenta con gran cantidad de recursos hídricos, paradójicamente no existe inversión pública en riego.

b) Inversión privada

La inversión privada en riego es significativamente menor que la pública. Las mayores inversiones se registran en los departamentos de Santa Cruz en riego por pivót central para el cultivo de oleaginosas, en Tarija en riego por goteo para el cultivo de uva, en Cochabamba y La Paz en riego por goteo, microaspersión y aspersión para flores y especies frutales, y riego en invernaderos.

Muchos de estos sistemas tienen sus fuentes de agua en pozos perforados con inversión propia, no obstante, algunos utilizan también el agua de los sistemas de riego existentes en la zona.

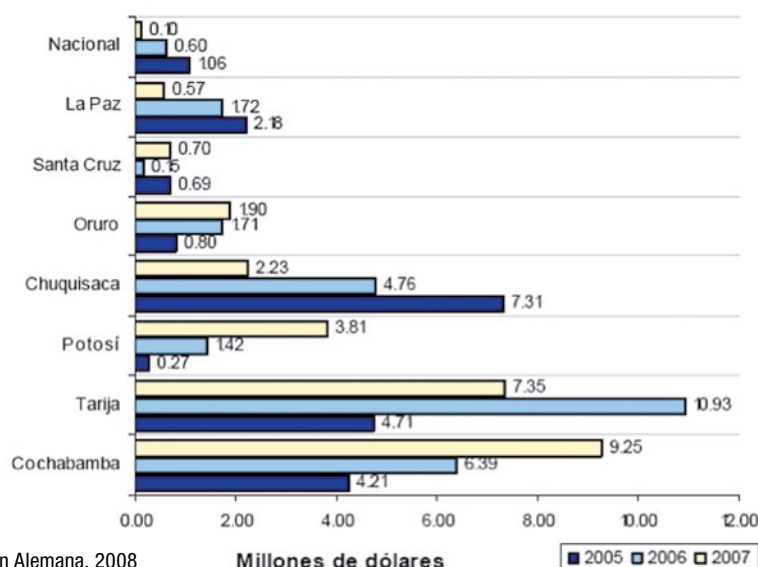
3.3.3. Inventario y superficie de riego en Bolivia

Según el INSR efectuado por el PRONAR, hasta el año 2000 existían aproximadamente 5743 sistemas de riego, de los cuales se analizaron 4724. Una síntesis de dicho estudio se presenta a continuación.

Los sistemas analizados estuvieron comprendidos en las siguientes categorías:

- microsistemas, que presentan un área regada entre 2 a 10 ha,

Figura 12. Distribución de la inversión pública ejecutada en riego entre los años 2005 al 2007



- pequeños, sistemas que cuentan con un área regada entre 10 a 100 ha,
- medianos, sistemas con un área regada entre 100 a 500 ha,
- grandes: sistemas con áreas regadas mayores a 500 ha.

Los microsistemas suman 1.733 que riegan 10528 hectáreas (5%); los pequeños son 2.616 sistemas que riegan 86.638 hectáreas (38%); los medianos comprenden los 326 que riegan 65.944 hectáreas (29%); y los sistemas grandes llegan a 49 que riegan 63.454 hectáreas (28%). El número total de familias regantes alcanza a las 217.975. El detalle del número de sistemas de riego por

departamento y área regada por categoría se presenta en la Tabla 1.

a) Fuentes de agua de los sistemas de riego y área regada

La mayoría de los sistemas de riego tienen como fuente principal las aguas superficiales de los ríos (68%), de embalses (19,7%), de pozos (6,2%) y de vertientes (6,1%). Los departamentos de Cochabamba y Tarija presentan la mayor área regada con agua de ríos, que alcanzan el 54%. Asimismo, el departamento de Cochabamba tiene el mayor número de sistemas de riego con embalses y pozos, comprende el 49% y el 95% del área regada, respectivamente. Los sistemas de riego con aguas de

Tabla 1. Sistemas de riego y área regada por categoría

Departamento	Microsistemas		Pequeños		Medianos		Grandes		Total	
	Nº Sist	Área (ha)	Nº Sist	Área (ha)	Nº Sist	Área (ha)	Nº Sist	Área (ha)	Nº Sist	Área (ha)
Chuquisaca	275	1.653	373	11.370	26	4.261	4	3.884	678	21.168
Cochabamba	303	1.938	577	22.225	128	27.403	27	35.968	1.035	87.534
La Paz	263	1.703	665	21.047	28	6.052	5	7.192	961	35.994
Oruro	172	940	134	3.638	3	440	3	9.021	312	14.039
Potosí	549	3.240	392	10.146	14	2.254	1	600	956	16.240
Santa Cruz	42	269	144	5.456	44	8.434	2	1.080	232	15.239
Tarija	129	785	331	12.755	83	17.101	7	5.710	550	36.351
Total	1.733	10.528	2.616	86.638	326	65.945	49	63.455	4.724	226.565

Fuente: PRONAR (2000).

vertiente están ubicados en Potosí y La Paz, que representan el 65% del área regada.

b) Infraestructura de riego

Gran parte de la infraestructura de riego está compuesta de obras de captación y obras de almacenamiento (Figura 13). Los sistemas de riego inventariados registran un total de 4.663 obras de captación, distribuidas en tomas directas 86%, presas derivadoras 7%, galerías filtrantes 6%, tajamares 1% y solamente 0,4% de tomas tirolesas (tomas tipo rejilla). Las obras de almacenamiento alcanzan a 1.709, de las cuales 49% son estanques, 43% atajados y 8% presas.

De las obras de almacenamiento, los atajados fueron introducidos especialmente en las zonas áridas, como alternativa para captar y almacenar agua. Dichas obras demandan una inversión económica en maquinaria, por lo que se requiere apoyo institucional.

Figura 13. Presa de tierra, Municipio de Tiquipaya-Cochabamba (Memoria PRONAR, 2005).

c) Organización de regantes

Los sistemas de riego cuentan con una organización de usuarios, lo que garantiza la gestión del agua, constituyéndose además en un aspecto potencial para el mejoramiento de los sistemas de riego existentes. La forma más común es la organización de base, representada por el Sindicato Agrario u organización originaria. En este tipo de organizaciones la gestión del agua es una actividad más dentro las muchas que tiene la comunidad. Con la introducción de los proyectos de riego se han conformado funciones y organizaciones específicas para el riego, tales como Comités de Riego, Alcalde de Aguas, Juez

de Aguas, Asociaciones de Regantes y Asociación de Usuarios, siendo estas dos últimas las predominantes en los sistemas de riego medianos y grandes.

d) Distribución de agua

La modalidad de distribución de agua se basa en la disponibilidad de este elemento. La mayor disponibilidad se concentra en la época de verano, período donde la distribución es más frecuente a demanda libre (en 66% de sistemas estudiados), tal como ocurre en la mayoría de los departamentos, excepto en Chuquisaca y Potosí, donde el 64% y 52% respectivamente, riegan por turnos durante esta época. No obstante, en este período también existe la entrega de agua por turnos en los demás departamentos (34% de los casos estudiados). En la época de invierno, la mayoría de los sistemas riegan por turnos, sin embargo, del total de los sistemas inventariados, aproximadamente en el 75%, la entrega de agua es por turnos y en un 25% a demanda libre.

e) Aportes económicos para la gestión de los sistemas de riego

En los sistemas de riego se percibe aportes en mano de obra y/o dinero para operar y mantener dichos sistemas. En la mayoría de los sistemas los aportes para la operación consisten en mano de obra por parte del regante; en sistemas medianos o grandes suele existir el aporte en dinero; en los sistemas con pozos el aporte en dinero para la operación de los mismos es imprescindible, puesto que existe un gasto energético adicional para el bombeo de aguas subterráneas. Cabe señalar que no existe subvención al costo de la energía eléctrica para fines de riego.

Figura 13. Presa de tierra, Municipio de Tiquipaya-Cochabamba



Fuente: Memoria PRONAR, 2005.

El mantenimiento de los sistemas de riego consiste normalmente en la limpieza de los canales y la re-construcción de tomas de agua rústica, actividades que son ejecutadas con la contribución de mano de obra de los regantes. Los sistemas de riego mejorados requieren de aportes en dinero para la reparación de las obras.

Sin embargo, los cobros por tarifas de agua prácticamente no existen, lo que está provocando que algunas obras hidráulicas no puedan ser reparadas y mantenidas por falta de recursos económicos. Además este hecho lleva a que algunos regantes hagan un uso indiscriminado del agua, con su consecuente desperdicio. En algunos sistemas de riego se ha optado por utilizar el dinero recaudado en multas por incumplimiento a las actividades comunales, en el mantenimiento del sistema.

f) Riesgo de erosión, salinización, anegamiento y contaminación

De la superficie regada el 55% presenta algún riesgo de erosión, salinización, anegamiento y contaminación. La erosión de los suelos agrícolas es el problema más importante. Los suelos con riesgo de erosión alcanzan al 28% y se encuentran principalmente en Tarija y La Paz; le sigue la salinización con el 14%, siendo Tarija y Cochabamba los departamentos con mayor riesgo de salinización. Los suelos con problemas de anegamiento (7%) y contaminación (6%) ocupan superficies menores y están presentes en La Paz y Oruro, respectivamente.

g) Superficie cultivada bajo riego

En invierno, la mayor superficie regada corresponde a los tubérculos como la papa, donde Cochabamba y Tarija registran la mayor superficie, La Paz y Chuquisaca con superficies intermedias; los cultivos que siguen en importancia son: hortalizas, forrajes, leguminosas, frutales y cereales. La mayor superficie regada en invierno se registra en los departamentos con mayor disponibilidad de agua y condiciones favorables de temperatura como Cochabamba, Tarija, valles interandinos de La Paz y

Santa Cruz. En verano, la proporción de cultivos regados sigue la tendencia invernal.

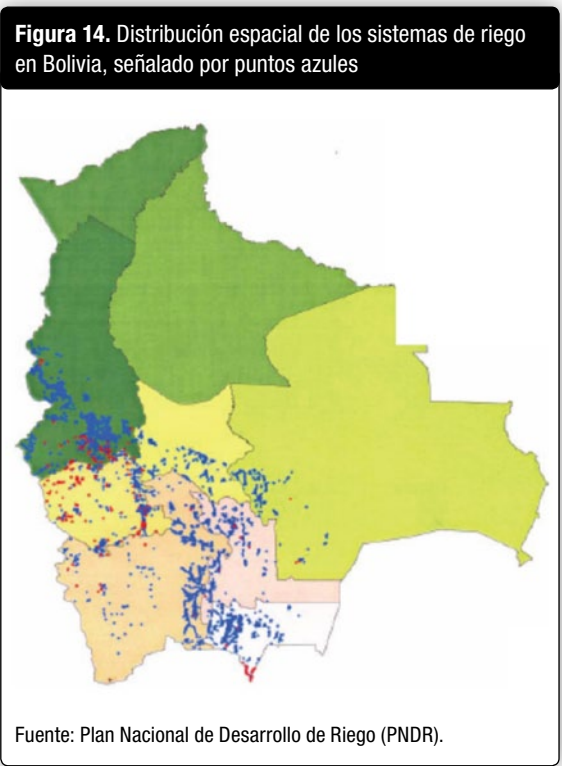
A nivel departamental Cochabamba, Tarija y La Paz, se destacan por la producción de tubérculos bajo riego, en particular en Tarija también es importante la producción de uva, en Cochabamba la producción de flores mientras que en Santa Cruz lo es la soja.

Por otro lado, si se toma en cuenta la inversión pública en los últimos ocho años, así como los sistemas de riego existentes en comunidades alejadas de los Andes, sistemas de riego ancestrales, la superficie bajo riego suplementario en las zonas subtropicales y zonas bajas tropicales (riego de cítricos, banana, arroz, riego de pasturas, etc.) y los sistemas de riego implementados por empresarios (pequeños, medianos y grandes) en los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba, Tarija y La Paz, se tendría a la fecha una superficie aproximada bajo riego de 253.100 hectáreas. En la Tabla 2 y Figura 14 se puede advertir que en el departamento de Cochabamba se tiene la mayor superficie de riego, siguiéndole Tarija y La Paz.

El mayor porcentaje de los cultivos bajo riego se encuentra en las zonas áridas y semiáridas del país, propias de las regiones del altiplano y valles, y en menor porcentaje en la región subtropical y tropical. Del total del área irrigada aproximadamente en el 95% se utiliza el riego por superficie, en el 4% riego por aspersión y en el 1 % riego localizado.

Tabla 2. Superficie bajo riego en Bolivia

Departamento	Área bajo riego	
	Hectáreas	Porcentaje del total
Chuquisaca	25.000	9,9
Cochabamba	94.000	37,1
La Paz	37.500	14,8
Oruro	15.500	6,1
Potosí	18.100	7,2
Santa Cruz	19.000	7,5
Tarija	44.000	17,4
Total	253.100	100.0



En general la eficiencia de riego en los sistemas tradicionales varía del 15% al 30%. Las principales causas para estos valores bajos son la falta de nivelación de tierras, los suelos de textura arenosa, las excesivas pendientes en los valles, los turnos y tiempos de riego inadecuados y los problemas de organización de los usuarios.

3.4. El agua en la Constitución Política del Estado y Plan Nacional de Desarrollo de Riego

La Constitución Política del Estado promulgada en el mes de febrero del año 2009, otorga al recurso agua una figura social y estatal diferenciada, en diferentes artículos indica que “el acceso al agua y alcantarillado constituyen derechos humanos, no son objeto de concesión ni privatización y están sujetos a régimen de licencias y registros, conforme a ley”, sin embargo, cuando se refiere a los Derechos de las Naciones y Pueblos Indígenas Originarios Campesinos se afirma que estos tienen derecho “a la gestión territorial indígena autónoma, y al uso y aprovechamiento exclusivo de los recursos naturales renovables (como el agua) existentes en su territorio sin perjuicio de los derechos legítimamente adquiridos por terceros”.

Por tanto cabe preguntarse si las personas que no están dentro estas categorías tienen los mismos derechos para el uso y aprovechamiento del agua para fines domésticos, riego, urbanismo, etc. Este aspecto está ocasionando que varias comunidades de agricultores estén en proceso de cambio de denominación hacia pueblos indígena originario campesinos, con la finalidad de tener mayores derechos sobre el agua.

En la misma línea en la Constitución se afirma que “el agua constituye un derecho fundamentalísimo para la vida, en el marco de la soberanía del pueblo. El Estado promoverá el uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad”, además se señala que “los recursos hídricos en todos sus estados, superficiales y subterráneos, constituyen recursos finitos vulnerables, estratégicos y cumplen una función social, cultural y ambiental. Estos recursos no podrán ser objeto de apropiaciones privadas y tanto ellos como sus servicios no serán concesionados y están sujetos a un régimen de licencias, registros autorizaciones conforme a ley”, asimismo indica que “el Estado reconocerá, respetará, y protegerá los usos y costumbres de las comunidades, de sus autoridades locales y de las organizaciones indígena originaria campesinas sobre el derecho, el manejo y la gestión sustentable del agua”.

Respecto a la gestión del agua dentro las cuencas hidrográficas, la Constitución contempla dicho aspecto, al señalar que “es deber del Estado desarrollar planes de uso, conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de las cuencas hidrográficas”, donde “el Estado regulará el manejo y gestión sustentable de los recursos hídricos y de las cuencas para riego, seguridad alimentaria y servicios básicos, respetando los usos y costumbres de las comunidades”, sin embargo, poco se ha avanzado a nivel de regantes dentro una determinada cuenca.

Pese al corto periodo de tiempo de implementación de la actual Constitución Política del Estado, ya se generaron conflictos por el derecho sobre el agua entre comunidades indígenas, originarias y campesinos. Se espera que a través de la promulgación de leyes específicas y sus reglamentos se pueda superar este aspecto.

Por otro lado, se debe mencionar que la tutela para el sector de riego en el Gobierno pasó del Ministerio de Desarrollo Rural y Medio Ambiente (MDRAMA), ahora Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), al Ministerio de Agua ahora Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), que abarca los subsectores riego, cuencas y saneamiento básico, donde el riego pasó a depender del Viceministerio de Riego (VMR). La fusión del sector riego con el sector de manejo de cuencas bajo un solo ministerio es un avance importante hacia una visión integral, empero, se originó una separación institucional del riego con la actividad agropecuaria productiva que se quedó en el MDRyT.

El PNDR está en el marco del Plan Nacional de Desarrollo (PND) y tiene como objetivo el desarrollo del riego para contribuir a lograr la soberanía alimentaria, generación de excedentes, creación de empleos, incremento del ingreso de las familias de organizaciones indígenas, originarias, campesinas, colonizadores, asociación de regantes y pequeños productores, así como reducción de la pobreza. El Plan presenta cinco componentes:

- Derechos de agua y ordenamiento de recursos hídricos a partir del riego;
- Fortalecimiento del marco institucional subsectorial;
- Inversiones en infraestructura de riego y drenaje;
- Apoyo al desarrollo del riego para la producción agropecuaria y forestal;
- Servicio técnico, investigación, capacitación y desarrollo tecnológico.

Por tanto el Estado pretende promover la ampliación de la cobertura de riego en combinación con procesos de adopción de tecnologías de manejo del agua y suelo, para estimular el programa de inversiones públicas en proyec-

tos de riego. También se establece en el PNDR el fomento a la inversión privada en riego tecnificado en alianza con los agricultores y el programa de asistencia técnica en riego, que desarrolla capacidades en entidades públicas y privadas, para ofrecer apoyo a pequeños y medianos productores en la adopción de tecnologías para la agricultura bajo riego.

El PNDR cubre un período de 25 años, hasta el año 2030, dividido en cinco quinquenios. En ese período se pretende alcanzar 180.000 registros y autorizaciones de derechos de uso y aprovechamiento de fuentes de agua para riego; un total de 450.000 hectáreas regadas; 200.000 familias de agricultores beneficiadas; 1.200 millones de dólares americanos de inversión. En tanto que en el primer quinquenio (del año 2007 al año 2011) se estima lograr: 500 registros y autorizaciones; 40.000 nuevas hectáreas regadas; 30.000 familias de agricultores beneficiadas; conformación de cinco directorios departamentales de cuencas y 50 directorios locales de cuencas; creación de la Escuela Nacional de Riego; creación de la Fundación Nacional de Riego (FUNRIEGO); y 222 millones de dólares americanos de inversión total ejecutados.

3.5. Ley de promoción del riego y los servicios de riego

La Ley N° 2876 de Promoción y Apoyo al Sector Riego del año 2004, reglamentada con los Decretos Supremos N°28817 (Marco Institucional), N°28818 (Reconocimiento y Otorgación de Derechos de Uso y Aprovechamiento de Recursos Hídricos para el Riego) y N°28819 (Gestión de Sistemas de Riego, Proyectos y Servidumbres) del año 2006 constituye un aporte a la normativa de este sector. El principal elemento que presenta es el registro mediante el cual se reconoce el derecho de uso y aprovechamiento de las fuentes de agua con fines de riego a pueblos y organizaciones indígenas, originarias campesinas, colonizadores, ayllus, Organizaciones Económicas Campesinas, asociaciones de pequeños productores agropecuarios y forestales y otras formas de organización social comunitaria y los usos que realizan. Sin embargo, también se introduce la figura de autorización que se otorga a todo tipo de persona jurídica o individual que no tenga registro, derecho de uso y aprovechamiento de fuente de agua con carácter temporal para riego en el sector agropecuario y forestal.

El registro está avanzando lentamente debido a que es difícil cuantificar los derechos adquiridos ya que no es obligatorio, por tanto es preciso analizar cuidadosamente la situación de los derechos de agua de la cuenca, tanto aguas arriba como aguas abajo.

Por otro lado, la Ley 2878 otorga a la sociedad civil organizada la conformación del Servicio Nacional de Riego (SENARI), bajo la tutela del MMAyA, y que tiene la responsabilidad de regular, planificar y promover la gestión pública para el desarrollo de riego y la producción agropecuaria y forestal. A nivel departamental se tienen los Servicios Departamentales de Riego (SEDERI). Los directorios de estas entidades están mayoritariamente conformados por representantes de agricultores que cuentan con riego (asociaciones de regantes), mientras que los no regantes y el Estado ocupan una representación minoritaria.

Aún no se tiene una estructura clara sobre Servicios de Asesoramiento al Regante, se espera que una vez consolidados el SENARI y los SEDERI se trabaje en este aspecto.

3.6. Dificultades, desafíos y potencialidades del riego

A pesar de que en la región occidental de Bolivia existe vocación de riego desde la época precolombina, el aprovechamiento de los recursos hídricos para fines de riego dista mucho de ser racional. En ese contexto, a lo largo de los últimos 40 años instituciones nacionales y de cooperación internacional que trabajaron en el ámbito de riego han identificado una serie de dificultades y potencialidades del sector, así como algunas reflexiones sobre la coyuntura actual.

a) Dificultades y opciones

Los principales problemas en la ejecución de la inversión pública para el incremento de la superficie de riego están relacionados con la débil institucionalidad del sector. Los cambios de autoridades tales como ministros, viceministros, prefectos, directores, jefes de Unidad Técnica, y técnicos, además de los trámites administrativos excesivamente largos y tediosos dificultan la inversión en riego. Esto se puede resumir en palabras de un agricultor que indicaba resignado que “hasta que se ejecute el proyecto van a pasar varios niños (refiriéndose al fenómeno climático con el mismo nombre) y nuestras vacas morirán”. El VMR y el SENARI están trabajando en una adecuación de las disposiciones vigentes en preinversión para reducir el número de pasos en el ciclo de proyectos, con lo que se espera agilizar los trámites.

La debilidad institucional también se manifiesta en los municipios, puesto que debido a la distribución de cargos políticos, la mayoría de los alcaldes permanecen por cortos periodos de tiempo lo que en algunas circunstancias provoca el congelamiento de sus cuentas con la consiguiente paralización de obras.

Otro aspecto que limita la ampliación del área de riego, es la baja calidad de los proyectos (preinversión e inversión), debido fundamentalmente a que la normativa vigente, se adjudica la elaboración de proyectos a la empresa que oferta el menor costo, por tanto, normalmente el equipo técnico es insuficiente, sumado el poco tiempo para la elaboración de los proyectos. Estas deficiencias se notan en los levantamientos topográficos, emplazamiento de obras, mala elección de la célula de cultivos, deficientes estudios hidrológicos. Otro aspecto que contribuye a la mala elaboración de proyectos u operación de sistemas de riego es la baja densidad de estaciones climatológicas. Debido a lo señalado muchos sistemas especialmente de microriego a la fecha están abandonados o funcionando parcialmente.

Las instituciones ejecutoras (Gobierno, Prefectura, Municipios, ONG) prácticamente han transferido los sistemas de riego a los usuarios. No obstante, por falta de recursos humanos y económicos muchos sistemas de riego están con problemas. En tal sentido los sistemas de riego, principalmente grandes, tendrían que estar administrados por el Estado bajo una co-gestión con los usuarios.

En los proyectos de riego en zonas montañosas, se tiene que dar énfasis en investigar los riesgos ambientales sobre las obras construidas, tales como colmatación de embalses, deslizamientos de canales en ladera, anclaje de tubería en paredes rocosas, etc.

La capacitación y transferencia tecnológica en riego fue relegada por el Gobierno central, Prefecturas y Municipios, por falta de recursos humanos y económicos. Por ejemplo, algunos sistemas tradicionales que operan con bajas eficiencia podrían ser transformados sin mayores problemas a sistemas presurizados, utilizando únicamente la energía gravitacional. La investigación en riego, de no ser por Universidades y ONG estaría paralizada. Estas actividades en los pasados años, dentro el marco de funcionamiento del Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuaria (SIBTA), fueron tercerizadas a fundaciones en base a demanda explícita de asociaciones de productores. El actual Gobierno desechó el modelo SIBTA y plantea una re-centralización de la generación y transferencia tecnológica, alrededor del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF).

Otro aspecto de índole social es la transferencia de fondos públicos a privados. La inversión pública en riego representa para los beneficiarios un usufructo exclusivo, es decir, para grupos privados que incrementan de manera directa sus ingresos y patrimonio personal a través del valor incremental que obtienen las tierras bajo riego. Esto a dado lugar a acciones de agio y especulación con la tierra, ya que personas que poseían información sobre la implementación de un proyecto de riego se dedicaron

a comprar tierras a bajos costo para posteriormente duplicar o triplicar su valor.

Por otro lado, en su nivel superior, la nueva Constitución Política del Estado (CPE) incluye autonomías regionales e indígenas que se ubican territorialmente entre los Municipios y departamentos, con competencias en el sector riego y todas las demás áreas de inversión pública. Al mismo tiempo, los departamentos que optaron por autonomía en consultas a la población, prepararon propuestas para sus Estatutos Autonómicos, que delimitarán sus competencias frente al Gobierno central, incluyendo el manejo de los recursos hídricos. Entre las numerosas tareas, estará la formulación y aprobación de las normativas en riego en el marco de las diferentes autonomías, que demandarán un proceso de concertación y compatibilización con reglas de juego claras.

Con relación a la Ley de Riego, si bien otorga un papel protagónico al Gobierno central en la definición de políticas e inversiones en el sector, tiene un claro sesgo hacia los regantes, por lo que estos, por lo menos en el corto plazo, tienen mayor posibilidad de incrementar sus ingresos a través de nuevas inversiones y mayor autonomía de decisión en relación al mercado. Comparado con los agricultores de secano, los agricultores regantes se hallan en un estrato socioeconómico superior de la economía campesina. Dentro de este marco, actualmente los regantes pueden ser considerados una elite y un sector relativamente privilegiado dentro el campesinado, debido fundamentalmente a su acceso a tierras de buena calidad y con derechos de agua para riego. Asimismo, los regantes tienen mayor representación en el SENARI y SEDERI. En varios programas de riego se dio mayor preponderancia para las inversiones a las comunidades con 'experiencia en riego', paradójicamente el sector más pobre, comunidades con agricultura de secano (claro está sin experiencia en riego) eran discriminadas y no tenían derecho a inversiones en riego. De continuar con esta situación se podría profundizar la inequidad en el acceso y uso del agua, ampliándose las diferencias socioeconómicas en la economía campesina.

La Ley de Riego al considerar el registro y autorización para el uso de agua, considera dos segmentos de usuarios, lo que no garantiza un acceso y uso equitativo al recurso hídrico, particularmente a los pequeños productores que no están calificados para acceder a un registro.

En las diferentes administraciones del Estado, se ha tratado la temática del riego solamente como una necesidad de las regiones del Altiplano y los Valles, excluyendo de esta manera a dos de los nueve departamentos del país (Pando y Beni), que predominantemente son llanos tropicales. En el actual Gobierno esta tendencia se mantiene, puesto que en la creación de los SEDERI no se contempla a estos dos departamentos.

b) Potencialidades y desafíos del sector riego

Es urgente, por cuestiones de mejor uso de recursos naturales y por equidad, incorporar en los programas y proyectos de inversión en riego a las regiones subtropicales y tropicales del país, principalmente norte del departamento de La Paz, los llanos del departamento de Santa Cruz, y los departamentos de Pando y Beni. Lo cual se justifica, porque las precipitaciones si bien son elevadas, se concentran entre los meses de diciembre a marzo, por tanto es necesario aplicar riego suplementario en dichos meses y riego completo en la campaña de cultivo de invierno. Muy ligado a lo anterior está el drenaje agrícola aspecto que normalmente es obviado, debido a los altos costos y al desconocimiento de los efectos adversos que podría ocasionar el mal drenaje, tanto en las zonas del Altiplano y Valles como en las zonas bajas del trópico donde las inundaciones son recurrentes. El cultivo de arroz inundado se presenta como una alternativa en estas zonas, debido a los altos rendimientos, 10.000 kg/ha, muy superior a los 1.800 kg/ha obtenido a secano. Algunos agricultores japoneses en el departamento de Santa Cruz están incursionados en este rubro.

El sector público de riego básicamente apunta a la expansión de la superficie de riego. No obstante, los productores privados han demostrado la importancia de invertir en tecnologías para un mejor aprovechamiento del agua dentro la parcela, observándose un crecimiento del número de regantes que emplean el riego presurizado como riego por aspersión y goteo. En esa línea el VMR pretende ingresar en la modernización del riego bajo el lema de riego tecnificado. Generalmente, los proyectos ejecutados o en ejecución no tienen o no prevén este componente, lo que debe ser considerado en futuros programas, así como criterios de evaluación adecuados. En concordancia, se debe efectuar la presurización de los actuales sistemas de riego, especialmente en los sistemas cuyas fuentes de agua se encuentran entorno a las cordilleras y en zonas de montaña, de tal modo de aprovechar la diferencia de nivel, evitando el uso de equipos de bombeo. Con ello se lograría un mejor control del agua, disminución de pérdidas y disponibilidad de presión en el agua para utilizar riego por aspersión, riego por goteo y automatización del riego por superficie.

Asimismo, por el alcance socioeconómico y ambiental de la agricultura irrigada, esta actividad debe ser concebida como parte de un manejo integral dentro de la cuenca hidrográfica. Al respecto, existe un amplio consenso, no obstante, en la práctica las inversiones en uno y otro sector se realizan de manera separada. Se espera que este aspecto mejore sustancialmente con la incorporación del tema de cuencas en el MMAyA, así como con la ejecución del nuevo PRONAREC, para que en el mediano plazo se instituya un organismo público para la gestión integral del agua.

Por otro lado, pese a que en el PNDR se pretenden alcanzar las 450.000 hectáreas bajo riego con plazo al 2030, no será suficiente para superar los niveles de pobreza del país. Para garantizar la producción de alimentos para la población y la exportación de excedentes, generación de empleo y riqueza, es preciso efectuar planteamientos robustos. El principal es incrementar la productividad de las tierras agrícolas mediante el riego de 1 millón de hectáreas.

Esto se fundamenta en el hecho de que Bolivia es uno de los pocos países que aún dispone de tierras y recursos hídricos para la agricultura. En los sistemas de riego actuales deben reducirse las pérdidas de agua y capacitar a todos los actores involucrados en el riego, con ello se irrigarían superficies adicionales. En el Altiplano la perforación de pozos y riego de invernaderos (Figura 15) para la producción intensiva de hortalizas se presenta como una gran opción, así como el riego de quinua, papa, haba, forrajes, bofedales y praderas naturales para la ganadería. En los valles de Cochabamba, Tarija, Chuquisaca y La Paz, la producción de frutales, hortalizas y flores bajo riego también es una alternativa que está en franco crecimiento. El riego en zonas subtropicales y tropicales como el norte del departamento de La Paz (riego de cítricos, cacao, banana, etc.) y los departamentos de Pando y Beni se presentan como un futuro promisorio. Como punto alto está el potencial para riego que tiene el departamento de Santa Cruz, para el riego de granos y cereales (maíz, arroz, trigo y sorgo) y oleaginosas (soja y girasol), algodón y caña de azúcar, tanto en las campañas de invierno como de verano. Un ejemplo de la utilización de riego presurizado a gran escala son los sistemas de riego por aspersión a través de pívot central en el departamento de Santa Cruz (Figura 16).

También se debe destacar el potencial que tiene el riego en la reincorporación de pasturas degradadas al proceso productivo, principalmente en las zonas bajas del país, tanto para la ganadería extensiva como intensiva. En todo lo anterior el aprovechamiento del agua subterránea mediante la energía proveniente del gas juega un rol importante.

El incremento de la productividad de los suelos a través del riego en el oriente de por sí disminuye la presión sobre la tierra y la deforestación (ampliación de la frontera agrícola). Por ejemplo el rendimiento de papa bajo riego en cabeceras de valle del departamento de La Paz está en torno a los 25.000 kg/ha, muy superior al promedio nacional (5,9 Mg/ha). Lo mismo ocurre con el ganado vacuno puesto que el cultivo de alfalfa irrigado en algunas zonas produce 10 cortes por año, suficiente para soportar 10 cabezas/ha, en tanto que a secano no supera las 3 cabezas/ha con dos corte por año.

Figura 15. Tecnología apropiada para el cultivo de lechuga en invernadero bajo riego por goteo en el Altiplano



Figura 16. Imagen satelital mostrando sistemas de riego por pivót central en Santa Cruz de la Sierra



Para alcanzar este propósito, las políticas de Estado deberán estar dirigidas al uso del agua que permita la ejecución de proyectos de mediana y gran magnitud en cuanto a infraestructura hidráulica principalmente represas, que tengan como base el uso ambientalmente sostenible del agua de manera que los impactos negativos sean previstos y las medidas de mitigación sean las correctas. Empero, existen sectores que critican el uso del agua para riego, que sin embargo no consideran que en realidad el agua es un flujo en sus tres estados (sólido, líquido y gaseoso), y que la principal fuente de agua dulce son los océanos, donde el agua mediante la evaporación y posteriores precipitaciones llega a los continentes. Lo que significa que 'el sol desaliniza el agua' y nos la entrega en forma gratuita. Conviene preguntarse por qué tendríamos que negarnos a utilizarlo y dejar que vuelva a los océanos y se salinice nuevamente. Cuando se almacena el agua solamente se amplía el ciclo hidrológico, porque a través de la transpiración- por las estomas de las hojas de los cultivos- el agua se reincorpora al ciclo hidrológico.

El planteamiento de ampliar el riego a 1 millón de hectáreas también se respalda con los planes del Gobierno en distribuir 20 millones de hectáreas a los pueblos indígenas originarios y campesinos. Para llegar a dicha meta se deben delinear políticas de inversión contundentes en alianza con los sectores privados y la cooperación internacional.

Por otro lado las aguas residuales generadas en las grandes ciudades de Bolivia son utilizadas en poca cantidad, donde podemos destacar el uso de estas aguas por los agricultores de la cuenca del río Choqueyapu en La Paz (zona de río Abajo) y el riego de gramíneas por los productores de leche en afueras de la ciudad de Cochabamba.

No obstante, en razón a que solamente se realiza un tratamiento primario (lagunas de estabilización, en algunas ciudades), representan un peligro para la salud humana por el alto contenido de coliformes fecales y metales pesados. La minería e industria prácticamente no efectúan tratamientos de aguas, lo que contamina ríos y lagos. Pese a ello el uso de aguas residuales representa un gran potencial para el sector de riego porque entre otras cosas, es una fuente de nutrientes para los cultivos, lo que indudablemente reduce la necesidad de fertilizantes, para ello se debe efectuar un manejo y tratamiento adecuado de estas aguas.

Una tarea pendiente y vital para el futuro del riego en Bolivia es la elaboración y aprobación de una nueva Ley de Aguas, puesto que la actual data del año 1906 y está descontextualizada. Para ello en el año 2002 el Gobierno conformó el Consejo Interinstitucional del Agua (CONIAG), que representa diferentes entidades del sector público y de la sociedad civil. Dada la complejidad del tema aún no se cuenta con un documento borrador consensuado. Se espera que a través de la normativa se establezca claramente que el agua como bien natural tiene valor por su capacidad de generar y mantener la vida, por tanto es un bien universal al cual todas las personas sin distinción de ninguna naturaleza tienen derecho a su uso, como vector de bienestar y desarrollo.

3.7. Conclusiones

En el territorio de lo que hoy es Bolivia, las culturas precolombinas desarrollaron diversas técnicas de riego desde hace más de 2000 años atrás, técnicas que aún se utilizan en algunas zonas. En la actualidad la superficie

bajo riego alcanza aproximadamente a 253.100 hectáreas, que representa el 9,7 % de la superficie cultivada.

Dentro del contexto de la sostenibilidad de la agricultura, la práctica del riego es imprescindible puesto que gran parte del territorio está ubicado en zonas áridas y semiáridas. La precipitación pluvial se concentra en los meses de diciembre a marzo y varían entre los 110 mm en el sudoeste del país a los 5.500 mm en la zona central (Chapare).

El almacenamiento del agua en embalses es una práctica poco común, pese a existir un gran potencial y condiciones adecuadas para la construcción de represas. Asimismo, los recursos hídricos subterráneos son poco utilizados en el riego, a pesar de la existencia de acuíferos con reservas importantes de agua.

Para incrementar la superficie de riego se debe incorporar en los programas y proyectos de inversión a las

regiones subtropicales y tropicales del país, principalmente norte del departamento de La Paz, llanos del departamento de Santa Cruz, y departamentos de Pando y Beni. Paralelamente se debe efectuar la presurización de los actuales sistemas de riego, especialmente en lugares donde las fuentes de agua se encuentren en torno a las cordilleras y en zonas de montaña, lo que evitaría el uso de equipos de bombeo.

Asimismo, las aguas residuales generadas en las grandes ciudades de Bolivia representan un gran potencial para incrementar la superficie bajo riego, no obstante, se debe efectuar un manejo y tratamiento adecuado de estas aguas.

Una tarea pendiente y vital para la gestión de los recursos hídricos y riego es la elaboración y aprobación de una nueva Ley de Aguas, sin embargo, dada la complejidad del tema aún no se cuenta con un documento consensuado.

4.1. Introdução

Levantamentos estimam que as áreas em produção agrícola no mundo somam 1.541 bilhões de hectares, dos quais cerca de 278 milhões (18%) são irrigados/dotados de infra-estrutura de irrigação, responsáveis por 44% da produção agrícola total (Christofidis, 2008a).

No Brasil, a área cultivada é superior a 58 milhões de hectares com uma produção de 131 milhões de toneladas no ano-safra 2006/07. Da área total cultivada, estima-se com base no crescimento anual médio de 3,3% que sejam irrigados cerca de 3,89 milhões de hectares em 2008. O país conta ainda com uma área agrícola potencial adicional para desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada de cerca de 26 milhões de hectares irrigáveis, que corresponde a 13% das áreas potencialmente irrigáveis no mundo (Christofidis, 2008a).

Não obstante do potencial existente para expansão da área irrigada no Brasil há limitações associadas à distribuição dos recursos hídricos nas diversas regiões. O desenvolvimento regional pode ser medido pela disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos existentes. Regiões com baixa oferta de água (4.650 litros/pessoa/dia ou 1.700 m³/ha/ano) podem ser consideradas como áreas de “escassez hídrica”, enquanto áreas com disponibilidade abaixo de 2.740 litros/pessoa/dia (1.000 m³/ha/ano) podem ser consideradas como de “escassez crônica” (Christofidis, 2007). Nesse último caso, deve-se destinar o uso da água prioritariamente para o abastecimento doméstico em detrimento da produção agrícola e outros usos.

Estima-se que o uso consuntivo de água atual para a produção agrícola irrigada no Brasil é cerca de 70% do volume total derivado dos mananciais (ANA, 2008), o que corresponde a cerca de sete vezes o uso consuntivo para abastecimento domiciliar. Diante disso, espera-se uma crescente competição pelos recursos hídricos entre os setores da agricultura para a produção de alimentos e biocombustíveis e para o abastecimento doméstico em razão do crescimento urbano.

O presente capítulo tem por objetivo abordar, além da situação da irrigação no Brasil, aspectos gerais sobre marco legal, capacidade de realização de pesquisas, realizações tecnológicas realizadas, vazios tecnológicos da pesquisa em irrigação e drenagem, análises específicas das atividades de pesquisa, quanto a programas, projetos nas áreas de irrigação e drenagem, além da possibilidade de colaboração e complementação em diferentes aspectos. Todos esses temas foram abordados durante encontros dos países integrantes da Rede de Irrigação do PROCISUR realizados no Chile (2005), no Uruguai (2006) e na Bolívia (2007) que incluem também, Argentina, Brasil e Paraguai.

4.2. Marco institucional e legal

A legislação relativa à estruturação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos no Brasil inclui os seguintes principais instrumentos legais e orientadores da gestão dos recursos hídricos:

- Lei Nº 24.643, de 10 de julho de 1934, denominada lei de direito das águas no Brasil versa sobre as águas em geral e suas propriedades; sobre o aproveitamento das águas e sobre as forças hidráulicas e regulamentação da indústria da energia hidrelétrica.
- Lei Nº 4.471, de 14 de setembro de 1965, considera como preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural ao longo dos rios.
- Lei Nº 6.662, de 25 de junho de 1979, sobre a Política Nacional de Irrigação.
- Constituição Federal de 1988 – dedica pelo menos 8 artigos sobre diretrizes da política de recursos hídricos do país.
- Lei Nº 9.433, de 08/01/1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição

Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

- Decreto Nº 4.613, de 11/03/2003, regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
- Lei Nº 9.984, de 17/07/2000, dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.
- Lei Nº 10.881, de 09/06/2004, dispõe sobre os contratos de gestão entre a Agência Nacional de Águas e entidades delegatárias das funções de Agências de Águas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio da União e dá outras providências.
- Decreto Nº 5.440, de 04/05/2005, estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para o consumo humano.
- Projeto de Lei Nº 6.382 / 2005 que propõe uma nova Política Nacional de Irrigação.

Adicionalmente aos instrumentos legais apresentados acima, existem ainda, diversas portarias do Ministério do Meio Ambiente, resoluções do Conselho Nacional

do Meio Ambiente (CONAMA) e do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH), além da legislação nos Estados, que compõem os dispositivos do marco institucional e legal.

4.3. Características agroclimáticas regionais

O Brasil apresenta vasta extensão territorial com grande diversidade de zonas climáticas que variam desde zonas temperadas ao sul até zonas tropicais ao norte. Tendo em vista a grande variabilidade climática, o país é dividido em cinco regiões climáticas que apresentam características diferenciadas para fins de irrigação das culturas (Aquastat, 2008, Wikipédia, 2008, Inmet, 2008). A seguir, uma breve descrição das principais regiões agroclimáticas (Figura 1):

Região Sul – abrange as áreas de zona temperada situadas abaixo do Tropicó de Capricórnio. Apresenta clima subtropical e caracteriza-se por verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. As temperaturas médias ficam em torno de 20° C. Recebe influência, principalmente no inverno, das massas de ar frias vindas da Antártida. As principais características da região são a regularidade do regime pluviométrico e a uniformidade do clima. O índice pluviométrico anual é de, aproximadamente, 2000 mm. No que se refere à irrigação, a região apresenta grandes áreas por inundação, principalmente com a cultura do arroz em rotação com pastagens. Em anos de invernos

Figura 1. Mapa ilustrando a abrangência das cinco principais regiões do Brasil (Brasil, 2008)



com seca prolongada, a irrigação suplementar pode ser uma garantia para a produção. Existem algumas indústrias de equipamento de irrigação instaladas na região.

Região Sudeste – abrange grande porção do sul do Brasil e localiza-se abaixo do Trópico de Capricórnio com clima tropical atlântico (tropical úmido). Grande parte da precipitação na região ocorre durante o verão, sendo que o inverno é moderadamente seco. As temperaturas são elevadas no verão (podendo atingir até 40°C) e amenas no inverno (média de 20° C). A região se caracteriza ainda pela agricultura tecnificada e produtores diferenciados que usam a tecnologia da irrigação de forma suplementar principalmente durante o inverno.

Região Centro-Oeste – Abrange uma grande extensão territorial desde os limites a oeste da bacia amazônica com o leste do estado de Goiás. A distribuição da precipitação no extremo oeste da região atinge até 2500 mm/ano chegando aos 1000 mm/ano à medida que se desloca para o leste, requerendo desde irrigação suplementar até irrigação contínua durante os seis meses da estação seca, respectivamente. A região apresenta ainda topografia plana em vastas áreas de cerrado favorável a sistemas de irrigação por pivô central e autopropelidos.

Região Nordeste – abrange as áreas semi-áridas do Brasil apresentando distribuição irregular da precipitação com média anual variando de menos de 250 mm a 750 mm. É considerada a região agrícola mais pobre do país onde predomina a agricultura de subsistência devido, principalmente, à baixa disponibilidade de recursos hídricos. O Rio São Francisco é o principal recurso hídrico da região. A fim de diminuir a pobreza no Nordeste, o Governo Estadual e Federal estão implementando a “transposição” do rio como forma de melhorar a distribuição dos recursos hídricos e, assim, promover o desenvolvimento socioeconômico da região. Outro importante recurso hídrico perene da região é o Rio Parnaíba entre os estados do Piauí e Maranhão. As condições climáticas da região são extremamente favoráveis à agricultura irrigada, principalmente da fruticultura, olericultura e produção de sementes. Existem áreas de baixada adequadas para o cultivo de arroz inundado. O Governo Federal implantou vários projetos de irrigação de grande extensão destinando as áreas irrigadas à agricultura familiar e empresários com a finalidade de suprir a demanda de alimentos e promover o desenvolvimento regional. Atualmente, é crescente a utilização de sistemas de irrigação por aspersão e gotejamento, principalmente na fruticultura.

Região Norte – abrange a maior parte da Região Amazônica representando quase a metade do território brasileiro (45,27%). O clima quente e úmido quase que dispensa o uso de irrigação. Atualmente a irrigação localizada tem sido utilizada na irrigação de viveiros de

árvores e no cultivo protegido de hortaliças. A região é dominada pelo clima do tipo equatorial, com temperaturas elevadas o ano todo (médias de 24°C a 26°C); o regime de chuvas é bem definido, apresentando um período seco, de junho a novembro, e outro com grande volume de precipitação, de dezembro a maio. As chuvas provocam mais de 2.000 mm de precipitação anuais, havendo trechos com mais de 3.000 mm, como o litoral do Amapá, a foz do rio Amazonas e porções da Amazônia Ocidental.

Tipos de clima do Brasil:

Os tipos de clima predominantes no Brasil são caracterizados por semi-árido, equatorial, tropical e tropical de altitude. A seguir uma breve descrição das características (Figura 2).

Semi-árido: presente, principalmente, no sertão nordestino, caracteriza-se pela baixa umidade e pouquíssima quantidade de chuvas. As temperaturas são altas durante quase todo o ano.

Equatorial: encontra-se na região da Amazônia. As temperaturas são elevadas durante quase todo o ano. Chuvas em grande quantidade, com índice pluviométrico acima de 2500 mm anuais.

Tropical: temperaturas elevadas, média anual em torno de 20°C, presença de umidade e índice de chuvas de médio a elevado.

Tropical de altitude: ocorrem principalmente nas regiões serranas do Espírito Santo, Rio de Janeiro e Serra da Mantiqueira. A temperatura média varia de 15 a 21° C. As chuvas de verão são intensas e no inverno sofre a influência das massas de ar frias vindas pelo oceano Atlântico, com possibilidades de geada no período de inverno.

4.4. Recursos hídricos e áreas sob irrigação

A evolução da superfície irrigada no Brasil apresenta um crescimento continuado a partir dos anos 50, com uma taxa média de crescimento anual de 3,3% observada nos últimos sete anos. Com a expectativa do crescimento da área cultivada do país, principalmente em razão das culturas bioenergéticas para produção de biocombustíveis, espera-se que ocorra competitividade por áreas com culturas para a produção de alimentos.

Para fazer face ao desafio atual da agricultura para a produção de alimentos em detrimento da produção de biocombustíveis será preciso aumentar a produtividade

Figura 2. Mapa de climas do Brasil



das culturas, principalmente de grãos, que em curto prazo, pode ser conseguido com a expansão da agricultura irrigada e de outros avanços da pesquisa nas cadeias produtivas. Dessa forma, a participação do Governo Federal na implementação de políticas públicas para o setor de máquinas e equipamentos de irrigação bem como abertura de linhas de crédito para aquisição desses insumos é de primordial importância para o aumento produtividade das culturas e oferta de alimentos no país.

A Figura 3 ilustra a participação percentual de cada uso consuntivo dos recursos hídricos no Brasil, segundo estimativas do Consórcio Fahma/Dreer (ANA, 2008) para o

ano de 2002. A agricultura irrigada é uma atividade que utiliza em maior escala as águas dos mananciais, sendo responsável, no ano de 2002, pelo uso de um volume de água sete vezes superior àquele utilizado no abastecimento doméstico. No Brasil a água, anualmente, derivada dos mananciais para ser utilizada em cultivos sob irrigação correspondeu, em 2003, a 11.430 m³/hectares (Christofidis, 2008a).

A Tabela 1 e Figura 4 ilustram e destacam as potencialidades dos recursos hídricos nas principais bacias hidrográficas e sua abrangência no território brasileiro.

Figura 3. Representação gráfica da participação percentual de cada uso consuntivo no ano de 2002

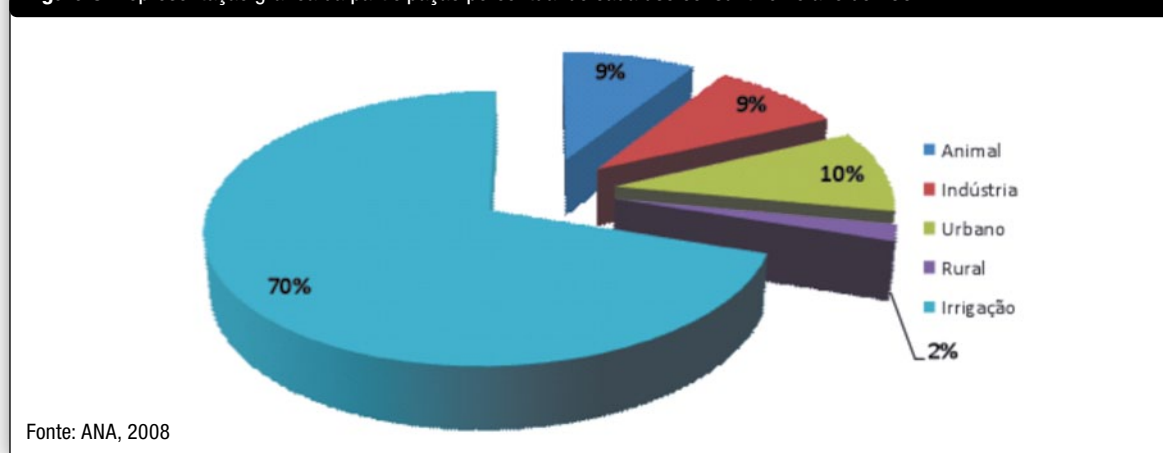


Tabela 1. Potencialidades dos recursos hídricos superficiais do Brasil (Seixas, 2004)

Bacia	Área drenada 1000 km ²	% do Brasil	Vazão média 1000 m ³ s ⁻¹	Vazão média Especificação m ³ s ⁻¹ km ⁻²	Precipitação média anual mm	Estados na bacia
1. Rio Amazonas	3.904,30	45,60	209,00	0,0530	2.460	AC; AM; RO; RR; PA; MT
2. Rio Tocantins	813,70	9,51	11,80	0,0145	1.670	GO; TO
3. Atlântico-Norte	76,00	0,88	3,66	0,0480	2.950	AP
3. Atlântico-Nordeste	914,00	10,69	2,39	0,0026	1.328	MA; PI; CE; RE; PB; AL
4. Rio São Francisco	645,00	7,54	2,85	0,0044	916	MG; BA; PE; AL; SE; GO
5. Atlântico-Leste	57,20	6,69	5,20	0,0080	1.062	SE; BA; ES; RJ
6. Rio Paraná	852,40	9,97	11,00	0,0130	1.385	SP; PR; GO; MS
6. Rio Paraguai	368,00	4,30	1,27	0,0034	1.300	MT; MS
7. Rio Uruguai	178,00	2,08	4,15	0,0233	1.567	SC; RS
8. Atlântico-Sudeste	224,00	2,43	4,30	0,0191	1.394	SP; PR; SC; RS

A reserva de água doce do Brasil corresponde a cerca de 8% de toda a reserva de água doce do mundo (Verneck et al., 2008). Todavia, a região norte com 7% da população e menos de 3% da área irrigada do Brasil, possui cerca de 80% dos recursos hídricos do país, enquanto o Nordeste, com 29% da população, possui 3% e o Sudeste, com 43% da população, possui apenas 6% (Seixas, 2004). Isto mostra que apesar das potencialidades do país, sua rede hidrográfica apresenta grande variabilidade da disponibilidade hídrica implicando em vulnerabilidade de seus usos, principalmente nas regiões mais populosas e de maior desenvolvimento do setor agrícola e industrial.

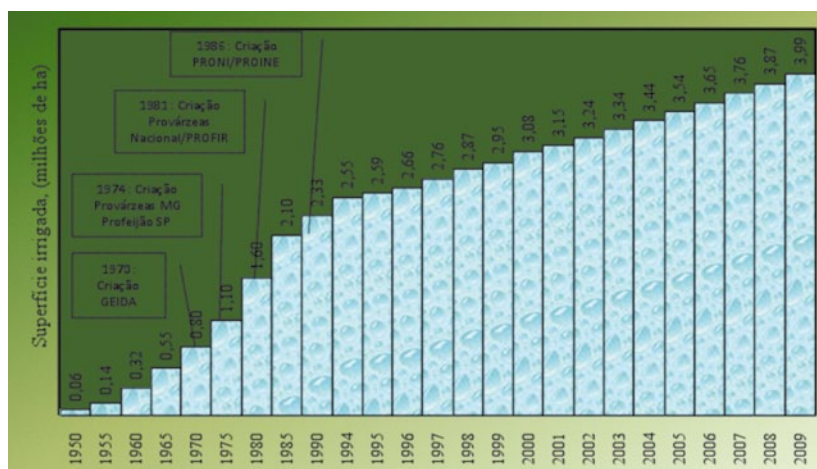
A Figura 5 ilustra a evolução da superfície irrigada do país, sendo que as áreas irrigadas de 2002 a 2009 são estimativas com base na taxa média de crescimento anual. Verifica-se que para o período entre 1980 e 2001, houve a incorporação de cerca de 1,5 milhões de hectares na área irrigada do país. Esse aumento da área irrigada teve como responsável a criação do Ministério da Integração Nacional (MIN) e o sucesso de diversos programas de financiamento de equipamentos de irrigação lançados pelo Governo visando o aumento da área irrigada do país.

A Tabela 2 adaptada por Siebert et al., a partir do Censo Agropecuário 1995/96 (IBGE, 2008) e de Christofidis (2004), ilustra a distribuição das áreas irrigadas do Brasil. Tais levantamentos totalizam uma área de 3,149 milhões de hectares em 2001, indicando uma expansão de cer-

ca de 16% em relação à área levantada em 1996. Em torno de 67% da área total está localizada nas regiões Sul e Sudeste. Nas recentes estimativas de Christofidis (2008a), considerando os 62 principais cultivos, no ano-safra 2003/04, o Brasil apresentava uma área irrigada de 3.440.470 hectares, o que equivalia a 5,89 % da área total plantada que foi de 58,5 milhões de hectares.

Figura 4. Mapa do Brasil ilustrando as principais bacias hidrográficas, conforme numeração na Tabela 1

Figura 5. Evolução da superfície irrigada do Brasil



Fonte: Adaptado de Christofidis, 2006.

Tabela 2. Área irrigada por estado e regiões do Brasil

Estado	Região	Área irrigada Censo 95/96 (ha)	Área equipada para irrigação em 1996 (ha)	Área equipada para irrigação em 2001(ha)
Centro-Oeste		260.953	180.140	258.071
Distrito Federal		12.591	9.940	10.998
Goiás		115.908	106.500	150.943
Mato Grosso		59.226	8.100	14.650
Mato Grosso do Sul		73.228	55.600	81.480
Nordeste		751.887	428.460	693.672
Alagoas		156.992	7.500	70.082
Bahia		209.705	140.610	279.887
Ceará		108.998	77.030	72.613
Maranhão		16.521	40.000	44.200
Paraíba		63.548	27.600	47.602
Pernambuco		118.400	85.000	91.980
Piauí		18.254	18.190	24.193
Rio Grande do Norte		45.778	14.490	17.783
Sergipe		13.691	18.040	45.332
Norte		83.023	78.560	91.035
Acre		728	600	680
Amazonas		209	1.200	1.820
Amapá		9.119	100	1.910
Pará		4.797	6.260	6.980
Rondônia		1.041	100	4.600
Roraima		5.660	5.200	8.960
Tocantins		61.469	65.100	66.085
Sudeste		929.189	821.520	909.639
Espírito Santo		92.695	39.500	91.250
Minas Gerais		322.679	260.020	313.956
Rio de Janeiro		74.761	72.000	36.033
São Paulo		439.054	450.000	468.400
Sul		1.096.592	1.147.800	1.196.800
Paraná		46.890	55.000	51.750
Rio Grande do Sul		935.677	974.000	1.007.750
Santa Catarina		114.025	118.800	137.300
Total		3.121.644	2.656.480	3.149.217

Fonte: Siebert et al. (2006), adaptado do IBGE (1995/96) e de Christofidis (2004).

Tabela 3. Áreas Irrigadas (em hectares) pelos diferentes métodos de irrigação por regiões/estados do Brasil (2003/04)

Brasil/Regiões/Estados	Método de Irrigação (áreas em hectares)				
	Superfície	Aspersão convencional	Pivô Central	Localizada	Total
Brasil	1.729.834	662.328	710.553	337.755	3.440.470
Norte	84.005	9.125	2.000	4.550	99.680
% do Brasil	4,86%	1,38%	0,28%	1,35%	2,90%
Rondônia	-	4.430	-	490	4.920
Acre	550	160	-	20	730
Amazonas	1.050	750	-	120	1.920
Roraima	8.350	420	150	290	9.210
Pará	6.555	165	-	760	7.480
Amapá	1.480	370	-	220	2.070
Tocantins	66.020	2.830	1.850	2.650	73.350
Nordeste	207.359	238.223	110.503	176.755	732.840
% do Brasil	11,99%	35,97%	15,55%	52,33%	21,30%
Maranhão	24.240	12.010	3.630	8.360	48.240
Piauí	10.360	7.360	880	8.180	26.780
Ceará	34.038	18.238	2.513	21.351	76.140
Rio Grande do Norte	220	2.850	1.160	13.990	18.220
Paraíba	11.115	8.306	1.160	13.990	48.600
Pernambuco	31.640	44.200	9.820	12.820	98.480
Alagoas	7.140	58.500	6.060	3.380	75.080
Sergipe	30.445	8.825	310	9.390	48.970
Bahia	39.260	77.820	84.150	91.100	292.330
Sudeste	219.330	285.910	366.630	116.210	988.080
% do Brasil	12,68%	43,17%	51,60%	34,41%	28,72%
Minas Gerais	107.000	107.970	89.430	45.800	350.200
Espírito Santo	17.340	56.480	13.820	11.110	98.750
Rio de Janeiro	15.020	15.250	6.760	2.300	39.330
São Paulo	79.970	106.210	256.620	57.000	499.800
Sul	1.155.440	94.010	37.540	14.670	1.301.660
% do Brasil	66,79%	14,19%	5,28%	4,34%	37,83%
Paraná	21.240	42.210	2.260	6.530	72.240
Santa Catarina	118.200	21.800	280	3.140	143.420
Rio Grande do Sul	1.016.000	30.000	35.000	5.000	1.086.000
Centro Oeste	63.700	35.060	193.880	25.570	318.210
% do Brasil	3,68%	5,27%	27,29%	7,57%	9,25%
Mato Grosso do Sul	41.560	3.980	37.900	6.530	89.970
Mato Grosso	4.200	2.910	4.120	7.300	18.530
Goiás	17.750	24.350	145.500	10.400	197.700
Distrito Federal	190	3.820	6.660	1.340	12.010

Fonte: Christofidis (2005) apud Brasil/Plano Nacional de Recursos Hídricos/Caderno Agropecuária (2006;33).

A distribuição da área irrigada do Brasil entre os diferentes métodos de irrigação como descrita na Tabela 3, independentemente da grande disponibilidade de água, mostra que a área irrigada da região Norte é menor do que 3% e que na região Sul existe 38% da área sob irrigação, sendo a maior área irrigada do país. Com 52%, a região Nordeste, também conhecida como região do semi-árido brasileiro onde a escassez dos recursos hídricos é limitante para a vida humana e animal e para a produção agrícola, há a maior área irrigada pelo método localizado que juntamente com a região Sudeste soma 87% da área com irrigação localizada do país.

4.5. Políticas de irrigação

Em decorrência dos atos dos constituintes de 1946, re-conhecendo a importância do rio São Francisco para o desenvolvimento da região Nordeste do Brasil, nasceu a Comissão do Vale do São Francisco (CVSF)- criada pela Lei nº 541, de 15 de dezembro de 1948-, que foi sucedida com a criação- em 28 de fevereiro de 1967 pelo Decreto-Lei nº 292-, da Superintendência do Vale do São Francisco (SUVALE), autarquia vinculada ao então Ministério do Interior que, por sua vez, foi sucedida pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF)- instituída pela Lei Nº 6.088 -, atualmente vinculada ao MIN, com sede e foro no Distrito Federal. Tem como objetivo promover o desenvolvimento da região utilizando os recursos hídricos com ênfase na irrigação como força propulsora. Por força da Lei 9954, de 6 de janeiro de 2000, a CODEVASF teve sua área de atuação ampliada para a bacia do rio Parnaíba, perfazendo uma área total de abrangência de 970.000 km², (11,30% da área do território nacional).

Em 1986, o Governo Federal instituiu o Programa Nacional de Irrigação – PRONI – pelo Decreto nº 92.395, de 12.02.86, para priorizar as questões da agricultura irrigada do país. O objetivo maior do programa era o aumento dos níveis de produção e produtividades agrícolas visando reduzir o déficit de alimentos e contribuir para as políticas de segurança alimentar e controle de inflação.

No que se refere à legislação sobre a gestão das águas no Brasil, a Lei nº 9.433 (“Lei das Águas”), de 08/01/1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o SINGREH. O Decreto Nº 4.613, de 11/03/2003 regulamentou o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e a Lei Nº 9.984, de 17/07/2000, criou a ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do SINGREH.

O objetivo da Política de águas e do SINGREH é possibilitar a gestão por bacias hidrográficas e seus potenciais hídricos, integrar os usos múltiplos, reconhecer que a

água é um bem finito, vulnerável e de valor econômico e com gestão descentralizada e participativa. Dessa forma, as decisões sobre a gestão da água descem ao âmbito de governos locais onde se localiza a bacia hidrográfica. No que se refere à gestão participativa, esta terá a participação da sociedade civil organizada no processo da tomada de decisão. Os aspectos relevantes da lei incluem os instrumentos da política nacional, que são: os planos diretores de recursos hídricos; o enquadramento dos cursos d’água em classes preponderantes; a outorga do direito de uso da água; o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Trata da compensação aos Municípios em face de inundação de terras por reservatórios artificiais nas Disposições gerais e Transitórias.

A Política Nacional de Irrigação está a cargo do MIN. A Lei inicial sobre as atividades de irrigação de nº 6.662 foi editada em 25.06.1979, tendo sido regulamentada, inicialmente, pelo Decreto nº 89.496, de 29.03.1984. Atualmente encontra-se tramitando no Congresso Nacional brasileiro o Projeto de Lei nº 6.381 / 2005 que propõe uma nova Lei de Política Nacional de Irrigação.

No Brasil existe um acordo de cooperação técnica entre o MIN e a ANA, para a colaboração institucional que integre o planejamento das ações do Ministério, relativas à implantação de infra-estrutura hídrica e de utilização de água na agricultura com as ações da ANA, visando o planejamento e a gestão da água, considerando como unidade territorial a bacia hidrográfica. O acordo prevê, também, que haja a integração do planejamento da irrigação, em todo o território nacional com o SINGREH, observando os seguintes objetivos específicos (CODEVASF, 2007):

- Cadastrar todos os usuários de recursos hídricos.
- Apoiar a realização do processo de regularização e ordenamento de usos de recursos hídricos.
- Apoiar a estruturação do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH) e do Cadastro Nacional de Irrigantes (CNI).
- Apoiar a estruturação do Sistema Nacional de Informações sobre a Agricultura Irrigada, por meio do estabelecimento de “marcos zero” para monitoramento do Programa de Otimização do Desempenho da Agricultura Irrigada.
- Integrar o Sistema Nacional de Informações sobre Agricultura Irrigada ao Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.
- Apoiar a estruturação do Programa Nacional de Conservação e Uso Racional da Água na Agricultura Irrigada.

4.6. Organização e administração da pesquisa em irrigação e drenagem

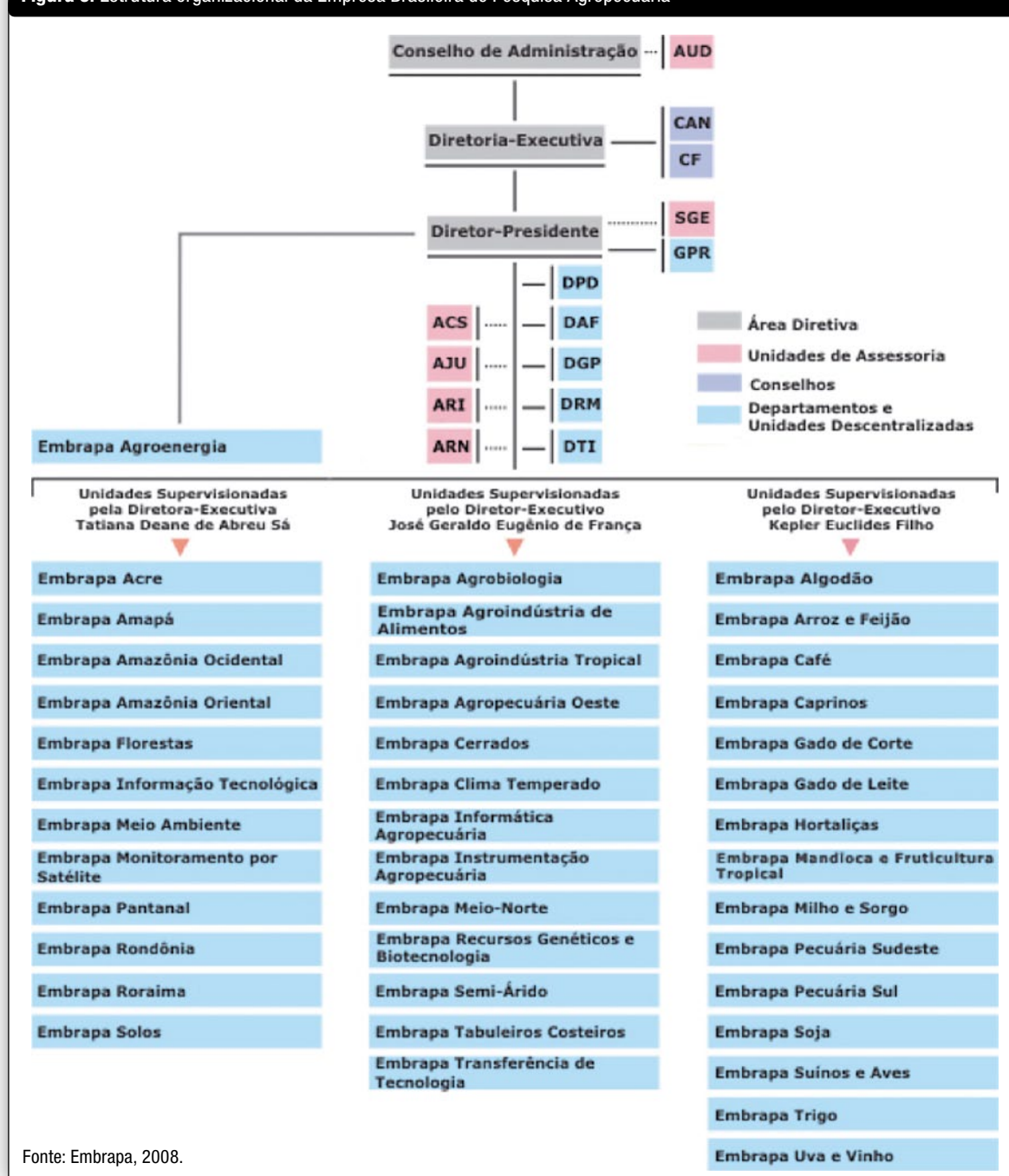
A pesquisa em irrigação e drenagem no Brasil é realizada, principalmente, pela Embrapa, empresas estaduais, institutos de pesquisa e universidades que mantêm cursos na área agrícola e empresas privadas.

A Embrapa tem a missão de viabilizar soluções para o desenvolvimento sustentável do espaço rural, com

foco no agronegócio, por meio da geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias, em benefício dos diversos segmentos da sociedade brasileira. Atua com 38 Unidades de Pesquisa, três Serviços e 13 Unidades Administrativas, estando presente em quase todos os Estados da Federação, nos mais diferentes biomas brasileiros.

A Figura 6 ilustra a estrutura organizacional da Embrapa, aprovada pela diretoria em 21 de novembro

Figura 6. Estrutura organizacional da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária



Fonte: Embrapa, 2008.

Figura 7. Distribuição e localização das unidades descentralizadas de pesquisa da Embrapa



Fonte: Embrapa Cerrados, 2008.

de 2006 enquanto na Figura 7 está ilustrada a localização das unidades de pesquisas nos diferentes estados da federação.

A Embrapa se baseia nos principais pilares do modelo de pesquisa com foco em produtos e áreas de fundamental importância para o desenvolvimento do país, bem como no agressivo programa de treinamento e formação de recursos humanos em centros de excelência ao redor do mundo. Atualmente, o corpo técnico é composto por 2.200 pesquisadores com treinamento em nível de mestrado (27%) e doutorado (72%) e 6.300 profissionais de suporte à pesquisa.

4.7. Irrigação e meio ambiente, qualidade dos produtos e energia

No que se refere a impactos ambientais, a modificação do meio ambiente, a salinização do solo, a contaminação dos recursos hídricos, o consumo exagerado de água, erosão, elevação do lençol freático e os problemas de saúde pública podem ser considerados como aspectos críticos a serem analisados e considerados nos projetos de irrigação.

Impactos ambientais na qualidade da água podem ser avaliados com base em mudanças nas características físicas, químicas e biológicas. Rodrigues et al. (2003) relatam que pequenas alterações na concentração de substâncias dissolvidas na água, antes e depois da irrigação, podem torná-la imprópria até mesmo para irrigação.

De maneira geral, os impactos ambientais causados pela irrigação decorrem do manejo inadequado da mesma, seja na propriedade agrícola isolada seja nos lotes de perímetros irrigados. É notório que tanto a falta quanto o excesso de água afetam a produção e produtividade das culturas. O excesso de água além de elevar os riscos de saturação dos solos, de salinização de terras em regiões áridas e semi-áridas pode favorecer as doenças por fungos de folhagem e de solo, demandando maior número de pulverizações que, eventualmente, contaminam as fontes de água, o solo e o ar.

A Embrapa passou a adotar nos últimos anos, a avaliação dos impactos ambientais dos projetos de pesquisa que envolve culturas e experimentação de campo.

Uma grande vantagem da prática da agricultura irrigada é de poder ser um fator de redução dos impactos sobre a fronteira agrícola, ocasionados pela agricultura tradicional (de sequeiro) e pela pecuária, uma vez que, quan-

do adotada a irrigação a produtividade agrícola eleva-se em 3,3 vezes e a pecuária em 3,4 vezes em relação à tradicional.

4.8. Projetos de pesquisa e desenvolvimento

A Tabela 4 ilustra a agenda de Transferência de Tecnologia (TT), elaborada pela Embrapa, elencando os temas estratégicos prioritários, por região. A proposta da agenda de TT possui um estratégico componente articulador não só no ambiente da Embrapa, estreitando o relacionamento intra-institucional, mas, principalmente, no seu ambiente externo. Por essa razão, no âmbito da agenda estão sendo discutidas ações que buscam promover o estabelecimento de arranjos estratégicos intra e interinstitucionais, visando o atendimento das demandas dos diferentes públicos, respeitando a realidade local e dentro de um contexto que potencialize o papel de cada uma das instituições parceiras, com o intuito de promover o desenvolvimento territorial rural. Os projetos de pesquisas em irrigação estão inseridos nos temas prioritários pertinentes.

4.8.1. Vazios e desafios tecnológicos

A demanda de alimentos é crescente no Brasil e no mundo. Estima-se que em 2025 a produção agrícola terá de alimentar cerca de 10 bilhões de pessoas. Segundo o Ministro da Agricultura do Brasil, Reinhold Stephanes, o mundo que antes era de oferta passou a ser de demanda. Para fazer face ao crescimento desordenado da demanda de alimentos no Brasil e no mundo, será necessário um esforço do setor de pesquisas agropecuárias em busca de novas tecnologias que aumentem a produção e a produtividade de culturas e animais com baixo custo e dentro do contexto da sustentabilidade dos recursos naturais.

Dessa forma, no caso da irrigação, as pesquisas deverão estar voltadas para aquelas áreas onde os vazios tecnológicos ainda não foram estudados e que podem contribuir para o crescimento da produção agrícola. Podemos destacar a falta de pesquisas, por exemplo, na busca de cultivos mais eficientes no uso da água, ou seja, maior produção por unidade de área, proporcionando menor custo de produção e conservação de água e energia. Pouco se tem estudado no Brasil sobre os impactos ambientais causados pela irrigação na qualidade da água dos mananciais. Ainda é pequena a contribuição da pesquisa sobre o uso de águas residuárias na irrigação das culturas. Sabemos que cedo ou tarde teremos de estudar níveis de tratamento para viabilizar o uso das águas residuárias tendo em vista a escassez de água de boa

Tabela 4. Agenda de transferência de tecnologia da Embrapa

Região	Temas prioritários
Norte	- Agricultura Familiar (transversal) - Agroenergia - Florestas (recursos madeireiros e não-madeireiros) - Fruticultura - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
Nordeste	- Agricultura Familiar - Agricultura irrigada (Fruticultura, olericultura, flores e plantas ornamentais, etc.) - Agroecologia (Convivência com a seca, água) - Agroindustrialização - Grãos (milho, feijão, sorgo, etc.) - Produção animal
Centro-Oeste	- Agricultura familiar (tema transversal) * - Controle biológico* - Produção integrada* - Agroecologia - Agroenergia - Biotecnologia (alimentos funcionais) - Boas práticas pecuárias – APLs - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta - Zoneamento agroclimático (*) Temas a serem priorizados em 2007
Sudeste	- Ações de transferência de produtos, processos e serviços, visando apoiar a nanobiotecnologia sustentável - Agricultura de Base Ecológica - Agricultura Familiar (transversal) - Educação Ambiental (transversal) - Gestão Ambiental Rural (transversal) - Qualidade, Segurança do Alimento e Inocuidade dos Produtos do Agronegócio (PIF, PAS, SAPI, etc.) - Sistemas Agrossilvipastoril e ILP - Tecnologias visando biodiesel
Sul	- Sistemas de Produção Animal - Sistemas de Produção de Frutas - Sistemas de Produção de Grãos (arroz, feijão, trigo, milho e soja) - Sistemas de Produção Florestal (transversal) - Sistemas de Produção para Agricultura Familiar (transversal)

Fonte: Embrapa, 2008.

Tabela 5. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento no Brasil

País	Gastos com P&D (% do PIB)		Gastos com P&D (Bilhões de US\$ - 2004)	
	1999	2004	1999	2004
Itália	1,00			-
Espanha	0,90			-
Brasil	0,87	0,98	5,77	5,90
Hungria	0,70			-
Coréia do Sul	2,50	2,65		17,90
Japão	3,10			-
EUA	2,70		205	-
Alemanha		2,30		-
Rússia		1,17		6,80
Índia		0,85		5,90
China		1,44		27,80
México		0,43		2,70

Fonte: Adaptado de FAPESP (2008).

qualidade prevista para o futuro e que já é realidade em muitas áreas do país e do mundo. Outra linha de pesquisa é do cultivo protegido que tem se expandido no país já com diversas tecnologias geradas e disponíveis como o plantio em substratos. Todavia, não se tem estudos sobre a irrigação de culturas em substratos, principalmente em relação ao impacto causado pela concentração de nutrientes na solução drenada. Finalmente, temos a agricultura agroecológica, uma tecnologia de produção agropecuária ainda pouco explorada, mas em ritmo de crescimento no Brasil, ainda não é acompanhada de estudos que avaliem os impactos da irrigação no meio ambiente e, principalmente, na qualidade dos produtos colhidos.

4.8.2. Financiamento da pesquisa em irrigação e drenagem

Em termos de investimento em pesquisa, o Brasil investe cerca de 40 vezes menos em ciência e tecnologia do que os Estados Unidos (Tabela 5). Em entrevista recente sobre o tema investimentos em pesquisa, o Ministro da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento informou que apesar de o orçamento da Embrapa estar 20% maior, é ainda insuficiente, por isso o Ministério está gerenciando junto à diretoria da Embrapa a criação de um fundo de desenvolvimento tecnológico, que prevê o investimento de recursos privados na pesquisa.

As principais fontes de financiamento para a pesquisa no Brasil estão enumeradas abaixo (todas as fontes sublinhadas são brasileiras):

AAAS	American Association for the Advancement of Science: www.aaas.org
ABC	Agência Brasileira de Cooperação: www.abc.mre.gov.br
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social: www.bndes.gov.br
CANADÁ	Agências de fomento do Canadá: www.ufmg.br/ci/canada.htm
CAPES	Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior: www.capes.gov.br
CENPEC	Centro de Estudos e Pesquisas em Educação, Cultura e Ação Comunitária: www.cenpec.com.br
Comissão Fulbright	Comissão para o intercâmbio entre EUA e Brasil: www.cnpq.br/sci/convenio/fulbright.htm
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico: www.cnpq.br
DAAD	Serviço Alemão de Intercâmbio Acadêmico (CNPQ): www.cnpq.br/sci/convenio/pre-daad.htm
EIF	Escola Internacional de Francês: www.uqtr.uequebec.ca/eif
EMBRAPA	Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária: www.embrapa.br/
EMBRATEL	Empresa Brasileira de Telefonia: www.embratel.net.br
EUROPA	Servidor da União Européia: http://europa.eu.int
FB	Fundação Bradesco: www.bradesco.com.br/corpor/fundac/fundac.htm
FBB	Fundação Banco do Brasil: www.fbb.org.br
FBPN	Fundação O Boticário de Proteção à Natureza: www.fbpn.org.br
FEPESE	Fundação de Estudos e Pesquisas Socio-Econômicas, (UFSC): http://152.162.141.1
FF	Fundação Ford, (EUA): www.fordfound.org
FIC	Fogarty Internacional Center, (EUA): www.nih.gov/fic
FINATEC	Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos, (Brasília): www.finatec.com.br
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FIOCRUZ	Fundação Osvaldo Cruz: www.fiocruz.br/
FR	Fundação Rockefeller, (EUA): www.rockfound.org
FRM	Fundação Roberto Marinho: www.frm.org
FUBRAS	Fundação Franco-Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento: www.fubras.org.br
FUNARTE	Fundação Nacional de Arte: www.funarte.com.br
FUNDEP	Fundação Desenvolvimento da Pesquisa: www.fundep.ufmg.br
GF	Guggenheim Foundation, (EUA): www.gf.org/index.html
GIFE	Grupo de Institutos, Fundações e Empresas: www.gife.org.br
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos recursos Naturais e Renováveis : www.ibama.gov.br
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: www.ipea.gov.br
JICA	Agência de Cooperação Internacional do Japão: www.jica.org.br
MCT	Ministério da Ciência e tecnologia: www.mct.gov.br
MEC	Ministério da Educação: www.mec.gov.br

MMA	Ministério do Meio Ambiente: www.mma.gov.br
MRE	Ministério das Relações Exteriores: www.mre.gov.br
NSF	National Science Foundation, (EUA): www.nsf.gov
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde: www.cnpq.br/publicacoes/guia10/upas.htm
PADCT htm	Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq): www.cnpq.br/padct/index.htm
PAEP	Apoio a Eventos no País (CAPES): www.capes.gov.br
PEC/PG	Programa de Estudantes Convênio / Pós Graduação (CNPq): www.cnpq.br/sci/convenio/pec-pg.htm
PET	Programa Especial de Treinamento (CAPES): www.capes.gov.br
Peterson's Guide	Informações sobre bolsas, estágios, e ofertas de trabalhos, (EUA): www.petersons.com
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro
PIBIC	Programa Nacional de Bolsas de Iniciação Científica (CNPq): www.cnpq.br/pibic/index.htm
PICDT	Programa Institucional de Capacitação Docente e Técnica (CAPES): www.capes.gov.br
PIE	Programa Integrado de Ecologia (CNPq): www.cnpq.br/programas/pie/pie.htm
PROSSIGA	Programa de Informação e Comunicação para Pesquisa: www.prossiga.cnpq.br
REDE AMBIENTE	www.redeambiente.org.br
RHAE	Programa de Capacitação de Recursos Humanos para Atividades Estratégicas (CNPq): www.cnpq.br/rhae/index.htm
RNP	Rede Nacional de Pesquisa: www.rnp.br
ROTARY	Rotary International: www.rotarynt.com.br
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência: www.sbpnet.org.br
SEBRAE	Serviço Brasileira de Apoio às Micro e Pequenas Empresas: www.sebrae.org.br
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization: www.unesco.org
UNIBANCO	Unibanco Ecologia: www.unibanco.com.br/home01.htm
UNITRABALHO	rede Universitária de Estudos e Pesquisa sobre o Trabalho: www.ilea.ufrgs/unitrab
VF	Volkswagen Foundation: www.volkswagen-stiftung.de/english/merkblat/mekpart.htm
Vitae	Apoio à Cultura, Educação e Promoção Social: www.vitae.org.br
WKKF	Fundação W. K. Kellogg (EUA): www.wkkf.org

5.1. Introducción

En el desarrollo del riego en Chile cabe distinguir tres períodos históricos: prehispánico o indígena; período de iniciativa privada de tiempo colonial y del primer siglo de la República y período de iniciativa Estatal del siglo XX.

En los valles del Norte Grande de Chile, en los oasis de precordillera y en las orillas del Salar de Atacama, se encuentran en plena vigencia las prácticas agrícolas basadas en el regadío artificial, ejercida por grupos indígenas de origen altiplánico y aún de tierras cálidas situadas más al oriente. Se cultiva el maíz, la calabaza, la yuca, el poroto, el camote, el ají, etc.

En el Norte Chico, las primeras prácticas agrícolas, seguramente sobre la base del riego artificial en pequeña escala, son ejercitadas por los portadores de la cultura El Molle. Aparentemente regaban pequeñas áreas en los conos aluviales de las quebradas laterales, derivando agua de estos cauces y no del río principal. Más tarde, el desarrollo de la cultura Diaguita chilena intensifica las prácticas agrícolas con la construcción de canales que derivan agua del río principal. Alcanza su clímax esta situación con el advenimiento de la dominación incaica que introdujo nuevas tecnologías e incentivó la construcción de canales. Los españoles a su arribo encontraron, en las cuencas de los ríos Aconcagua y Maipo, canales y numerosas acequias de regadío en pleno uso. Algunos de los canales indígenas del Norte Chico aún se encuentran en uso.

Durante el periodo colonial, la actividad agrícola se incrementó paulatina y constantemente, y junto con ello crece el área regada. Pero indudablemente que es en la República, a partir de la segunda mitad del siglo XIX y la primera década siglo XX, cuando la iniciativa privada construye un vasto sistema de canales de regadío, especialmente en la zona centro-norte del país.

Los canales De Las Mercedes, Mallarauco, Culiprán, Limache y Ovalle, y también la represa de Alcones en Colchagua son ejemplos de obras realizadas por particulares. Desafortunadamente el individualismo con que se

enfocó la construcción de las obras básicas determinó una proliferación innecesaria de bocatomas y de canales.

La iniciativa privada pierde su empuje inicial ante las dificultades técnicas; la subdivisión de la propiedad de la tierra y el alto costo de las obras que había que abordar.

El interés del Estado por construir obras de riego sólo se puso de manifiesto en forma efectiva con posterioridad al año 1914. Así, se pusieron en marcha los canales Mauco, Maule, Melado y Bio-Bio y posteriormente los canales Perquillauquén y Tipaume. También se iniciaron los embalses laguna del Planchón, Recoleta y Cogotí en la cuenca del Limarí; Lautaro en Copiapó; La Laguna en el valle de Elqui; el Caritaya sobre un formativo del río Camarones y el canal Chacabuco. También los embalses: el Yeso, en la cuenca del Maipo; La Paloma en Ovalle (Figura 1); Laguna del Maule, Bullileo y Digua en la hoya del río Maule.

Figura 1: Embalse La Paloma, cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo



Fuente: DOH, Región de Coquimbo.

La acción del Estado, a partir de 1914, se tradujo en la construcción de más de 70 obras de regadío que beneficiaban una superficie total de aproximadamente 780.000 hectáreas.

Después del año 1990 se han construido los siguientes embalses:

Río Huasco

Embalse Santa Juana: 160 millones de m³.

Río Elqui

Embalse Puclaro: 200 millones de m³.

Río Choapa

Embalses Corrales: 50 millones de m³.

Embalses El Bato: 25,5 millones de m³ (en construcción)

5.2. Diagnóstico y caracterización de los recursos hídricos

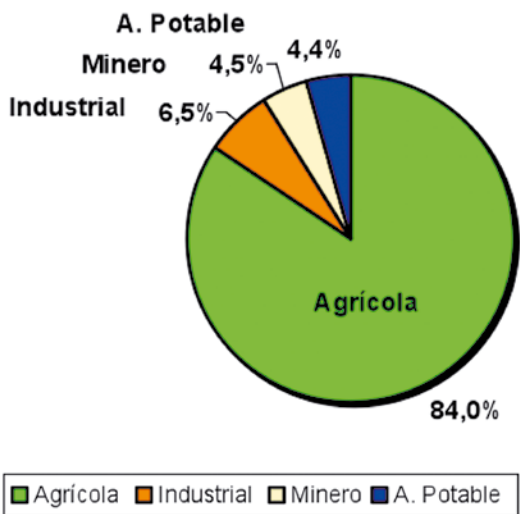
De acuerdo a los estudios realizados por la Dirección General de Aguas (DGA), el uso del agua en el país alcanza a un valor aproximado a los 2.000 m³/s de caudal continuo, de los cuales el 67,8% corresponde a usos hidroeléctricos y el 32,2% a usos consuntivos.

Entre los usos consuntivos, el riego representa el 84,5% a nivel nacional, valor muy similar a lo que sucede como promedio en el mundo (90%). Este 84,5% corresponde a un caudal medio de 546 m³/s, utilizado en el abastecimiento de 1,8 millones de hectáreas, que se localizan casi completamente desde la Región de La Araucanía al norte, de las cuales se estima que 1,2 millones de hectáreas tienen una seguridad de riego razonable. El uso doméstico equivale al 4,4% de los usos consuntivos, con unos 35 m³/s, y es utilizado para dar abastecimiento al 98% de la población urbana y aproximadamente al 80 % de la población rural. Los usos mineros e industriales representan el 11% del uso consuntivo total. (Figura 2).

Este panorama general presenta importantes modificaciones si se analiza a nivel regional. Es así como en las tres primeras regiones del extremo Norte del país compiten en forma equilibrada los usos domésticos, mineros, industriales y agrícolas. En la Región Metropolitana (RM) y en la Región de Valparaíso el uso doméstico resulta significativo, mientras que en el resto del país hasta la Región de La Araucanía predomina absolutamente el uso en riego. De la Región de Los Ríos hacia el Sur el uso consuntivo es pequeño. Por su parte los usos no consuntivos se localizan en la actualidad preferentemente entre las Regiones del Maule y Libertador Bernardo O'Higgins. (Figura 3).

La magnitud de estos usos equivale a tasas de consumo por habitante extraordinariamente elevadas en compa-

Figura 2. Uso Consuntivo de agua en Chile



Fuente: DGA, 2006.

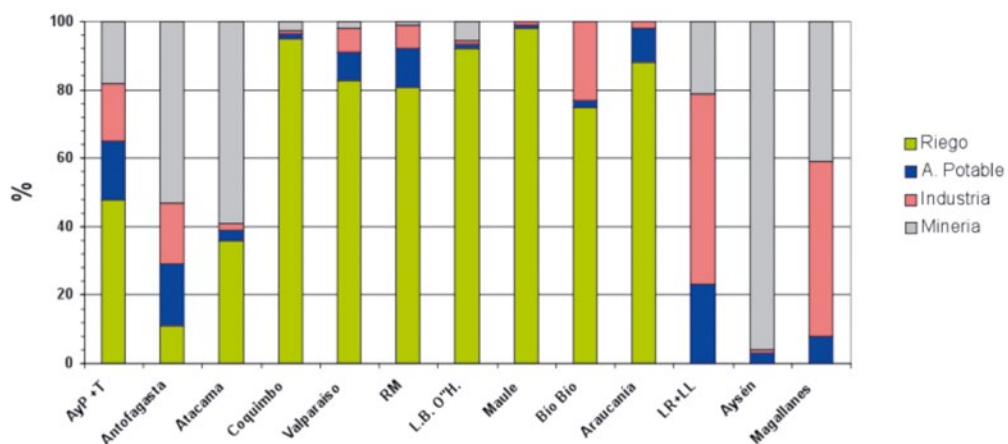
ración a países de similar nivel de desarrollo e inclusive de países desarrollados. A este respecto cabe destacar que la disponibilidad de agua por habitante desde la RM al norte es de por sí muy pequeña, ya que en general es inferior a 1.000 m³/habitante/año e inclusive alcanza a 500 m³/habitante/año, umbrales considerados internacionalmente como altamente restrictivos para el desarrollo económico de los países.

En este contexto, las demandas de agua existentes significan una extraordinaria presión sobre los recursos hídricos. En efecto, de la RM al norte las demandas superan el caudal disponible, situación que sólo se explica por el rehúso reiterado de los recursos de agua a lo largo del curso de los valles. La extraordinaria intensidad de uso de los recursos de agua en esta zona tiene como consecuencia que durante períodos de extrema sequía los sobrantes que llegan al océano son prácticamente nulos hasta el río Rapel (Figura 4). La relación demanda/disponibilidad se presenta substancialmente más favorable entre las Regiones Libertador Bernardo O'Higgins y La Araucanía, y finalmente, de la Región de Los Ríos al Sur la disponibilidad supera ampliamente las demandas.

En el futuro, este escenario, ya extraordinariamente restrictivo, se acentuará notablemente debido a los nuevos requerimientos. La DGA ha efectuado una proyección de las demandas para el período de 25 años 1993 -2017. (Figura 5)

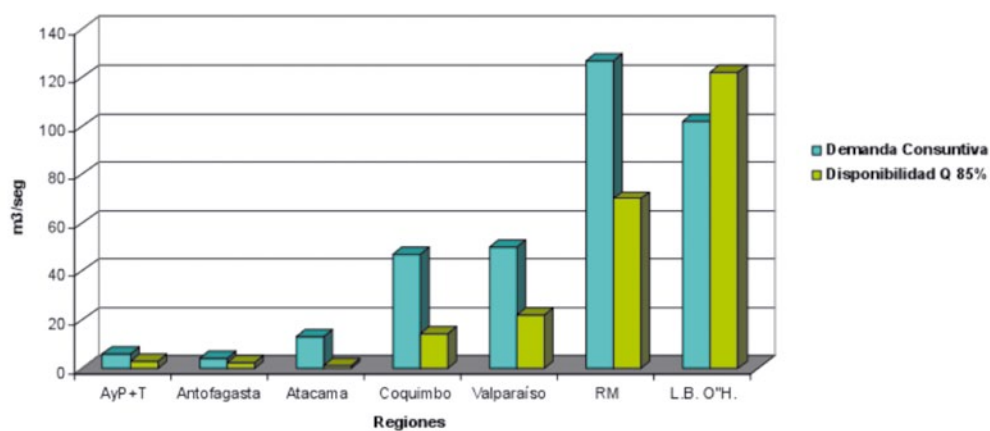
De acuerdo a esa estimación los requerimientos para los usos domésticos, mineros e industriales aproximadamente se duplicarán.

Figura 3. Distribución de los usos por Región



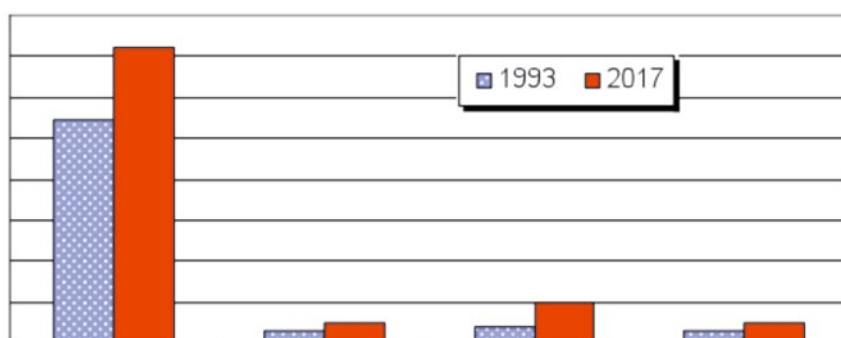
Fuente: Dirección General de Aguas, 2006.

Figura 4. Disponibilidad y demanda de agua a nivel regional



Fuente: DGA, 2006.

Figura 5. Demanda Futura del recurso hídrico



Fuente: DGA, 2006.

El uso agrícola del agua se estima que puede crecer en aproximadamente un 20%, como resultado de las inversiones orientadas a mejorar la seguridad de abastecimiento de unas 500.000 hectáreas y de la incorporación al riego de otras 500.000 hectáreas.

La proyección de los usos hidroeléctricos con la entrada del gas natural al mercado energético resulta incierta. Los análisis de la DGA, antes de que se presentara este fenómeno, entregaban un aumento de 10 veces en los caudales utilizados en generación al año 2017. La entrada del gas natural evidentemente producirá un retraso en la incorporación de las nuevas centrales hidroeléctricas. Aunque probablemente la proporción histórica (70%) entre la potencia instalada de carácter hidromecánico y térmico se modificará en el futuro, la generación hidroeléctrica de las grandes centrales seguirá resultando de menor costo. De este modo, el incremento, proyectado de caudales para estos fines se espera que efectivamente se desarrolle en fecha posterior al año 2030.

5.3. Políticas de riego

El Código de Agua fue dictado el año 1981 y establece que todas las aguas son de propiedad pública, pero las personas naturales o jurídicas o las Organizaciones de Usuarios pueden acceder al derecho de usar el agua. Por lo tanto, la organización y el desarrollo del subsector riego en Chile, está basado en la participación activa y bajo la responsabilidad de los usuarios del agua privados.

En Chile el Estado limita su participación a:

- 1) Desarrollar una política general del subsector.
- 2) Implementar actividades de riego que de otra manera, debido a su naturaleza y requerimientos financieros, no podrían ser desarrollados sólo por el sector privado como es la construcción de grandes y medianas obras de riego.
- 3) Aplicar programas de transferencia del manejo y administración de las obras de riego como asimismo algunos programas de transferencia tecnológica en técnicas de riego y manejo productivo de áreas regadas.
- 4) Otorgamiento de subsidios para la construcción de obras menores de riego y drenaje, tanto a nivel predial como extrapredial.
- 5) Recolección y manejo de datos estadísticos y otorgamiento de información técnica a los usuarios del agua.
- 6) Intervención para resolver los conflictos entre los usuarios del agua.

- 7) Incentivos para la formación de organizaciones de usuarios del agua.

El Estado a través de la Comisión Nacional de Riego concibe a la obra de riego como aquella que tiene como objetivo fundamental el desarrollo agrícola de las áreas beneficiadas con ella, se promueve la reconversión del sector agrícola hacia rubros más competitivos, su modernización y mejoramiento desde el punto de vista social de la calidad de vida de los sectores de menores ingresos.

- Participación del Estado en el financiamiento de las obras: el Estado acepta asumir parte del costo de la obra de riego que se ejecute, en atención a que su construcción implica un beneficio de carácter general que va más allá de los beneficiarios directos.
- Bonificaciones directas: a través de una política de recuperación de costos, el Estado subsidia parte del costo de las obras que deben pagar los agricultores.
- Crédito para el pago de las obras: el Estado pone a disposición del sector privado, plazos, periodos de gracia inicial e intereses preferenciales que permiten financiar las obras, y logra de esta manera que los agricultores obtengan beneficios e inviertan parte del mayor valor de producción que adquieren con los suelos regados. La garantía del crédito es el agua, la cual es independiente de la tierra, no gravándose por lo tanto esta última.

5.4. Marco institucional y legal

La actual institucionalidad que regula el funcionamiento en el área pública del sector riego es compleja. Numerosos son los organismos del Estado que intervienen en la planificación; ejecución y fomento del riego.

En la puesta en práctica de las políticas de riego intervienen los siguientes organismos públicos pertenecientes a tres ministerios: Ministerios de Agricultura; de Obras Públicas y de Planificación.

A continuación se presentan las principales instituciones públicas relacionadas con el que hacer del riego y drenaje.

Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura (CNR)

La política de riego en Chile es formulada por la CNR, que está formada por un Consejo integrado por los ministros de: Agricultura (que lo preside), Hacienda, Obras Públicas, Economía y de Planificación.

Los acuerdos de dicho Consejo se ejecutan a través de una Secretaría Ejecutiva que es un organismo centralizado y eminentemente técnico.

El propósito de la CNR es la formulación de una Política Nacional de Riego que asegure el incremento y mejoramiento de la superficie regada del país.

Se debe destacar que toda obra de riego o drenaje de tamaño mediano o grande que el Estado pretenda construir, debe ser previamente evaluada y aprobada por la CNR. Adicionalmente la CNR administra la aplicación de la Ley de Fomento a la Inversión Privada en Obras Menores de Riego y Drenaje.

En conformidad con lo señalado precedentemente, la CNR debe coordinar todo el accionar de los organismos estatales que participan en el desarrollo de los recursos hídricos para su uso en riego.

Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas (DOH)

Este organismo es responsable de:

- Elaborar los proyectos y diseños definitivos de las obras identificadas, evaluadas y aprobadas por la CNR y que el Estado pretenda construir.
- Construir las obras de riego que determine el Estado de acuerdo a la normativa contenida en la Ley sobre Construcción de Obras de Riego por el Estado, Decreto ley 1.123 de 1981.
- Administrar, conservar y explotar las obras de riego que aún permanecen en el patrimonio del Estado.
- Establecer los compromisos de pago por parte de los beneficiarios de una obra de riego que el Estado construya.
- Explotar provisionalmente las obras que construya, antes de traspasar su propiedad y administración a sus usuarios.
- Fiscalización de la construcción de las obras menores de riego y drenaje ejecutadas con la Ley de Fomento al Riego.

Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas (DGA)

Las funciones principales de este organismo son:

- Asignar, resolver o intervenir en toda situación relativa a la adquisición o ejercicio de los derechos de aprovechamiento de aguas de acuerdo al Código de Aguas.
- Investigar y medir el recurso agua, así como planificar su desarrollo en las fuentes naturales con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento.
- Ejercer la policía y vigilancia de las aguas en los cauces naturales de uso público.
- Supervigilar el funcionamiento de las organizaciones de usuarios del agua y otras facultades de administración

y supervisión en relación a variados problemas relativos al agua y a las obras realizadas con este propósito. Su acción se aplica a los diferentes usos del agua tales como energía, industria, minería, agua potable y alcantarillado, entre los cuales el riego es el principal desde el punto de vista de los volúmenes de agua utilizados.

Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario del Ministerio de Agricultura (INDAP)

Las acciones del INDAP están dirigidas hacia el sector de pequeños agricultores y en el ámbito de riego son las siguientes:

- Proporciona líneas especiales de crédito a pequeños agricultores y a organizaciones de estos, con el objetivo de aumentar sus productividades, ingresos e incorporarlos a la economía nacional.
- Proveer de asistencia técnica y entrenamiento en aspectos productivos y económicos en áreas regadas, a través de servicios contratados directamente con empresas del sector privado.
- Participa en el Programa de Riego Campesino que otorga subsidios a los campesinos que construyen obras menores de riego y drenaje a través de la Ley de Fomento al Riego que maneja la CNR.

Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura (SAG)

Sus responsabilidades se centran en la protección y control sanitario en el sector agropecuario y en la protección de recursos naturales renovables. Fiscaliza normas correspondientes a producción, importación y comercialización de productos agrícolas. En el subsector riego actúa como fiscalizador de las obras menores de riego y drenaje que construyen los particulares a través de la Ley de Fomento al riego que maneja la CNR.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura (INIA)

La misión del INIA es crear, captar, adaptar y transferir conocimientos científicos y tecnológicos, como un agente de innovación en el ámbito productivo silvoagropecuario. Por lo tanto dentro de la política de riego del Gobierno, su función se concentra en la investigación agronómica, la transferencia de tecnología y la capacitación de agentes de extensión y agricultores en el uso y manejo de sistemas y métodos de riego a nivel predial.

Fondo de Innovación Agraria del Ministerio de Agricultura (FIA)

Su función es la promoción y financiamiento de la innovación agrícola y en este subsector todo lo relacionado con el riego y drenaje

Además, en el sector privado existen una serie de organizaciones, definidas por el Código de Aguas, relacionadas con el manejo y operación de los sistemas de riego, las cuales se indican a continuación:

Comunidades de Aguas: consiste en dos o más poseedores de derechos de agua en un sistema común (riego o drenaje). Se constituye a través de escritura pública la cual identifica sus miembros y especifica sus derechos. Tales escrituras también especifican las normas de operación de la comunidad, lo que incluye los aspectos administrativos y judiciales que aseguran una adecuada distribución del agua entre sus miembros así como la mantención y operación de las obras en común.

Asociación de Canalistas: está formada por todos los regantes de un canal común e incluye a las comunidades de aguas. Sus funciones son similares a las que cumplen las comunidades de aguas pero tienen un status legal colectivo, lo cual posibilita la obtención de créditos colectivos.

Juntas de Vigilancia: es una organización constituida a nivel de un río en común. Sus miembros son individuos, entidades públicas, asociaciones de canalistas, comunidades de agua y cualquier otra entidad que usa el agua desde una misma cuenca e incluyen a usuarios distintos al riego. Estas organizaciones administran y distribuyen el agua entre sus miembros, explotan y mantienen la infraestructura en común y construyen nuevas obras para mejorar la distribución del agua y el uso más eficiente del recurso.

5.5. Situación actual del riego y drenaje

5.5.1. Riego

El área continental de Chile es de 75,7 millones de hectáreas, de las cuales 28,7 millones corresponden a terrenos que tienen alguna actividad agrícola. Del área agrícola total del país, sólo 5,1 millones de hectáreas son arables, las cual se divide en 3,3 millones de hectáreas de secano y 1,8 millones de hectáreas bajo canales. De la citada superficie bajo canales, 1,2 millones de hectáreas poseen alta seguridad de riego y 0,6 millones de hectáreas corresponden a riego eventual. A su vez, el secano arable, de acuerdo a las disponibilidades de recursos hídricos del país, presenta un potencial regable de 0,7 millones de hectárea.

De acuerdo a las cifras citadas anteriormente, se concluye que el máximo potencial regable de Chile alcanza a 2,5 millones de ha (1,8 millones bajo canales y 0,7 millones de secano) y que para lograr esta meta se hace necesario ejecutar obras de regadío para elevar la seguridad de riego de las 0,6 millones de hectáreas actualmente con riego eventual y para incorporar al pleno riego las 0,7 millones de hectáreas actualmente de secano, es decir, actuar sobre 1,3 millones de hectáreas. Antecedentes coincidentes con los indicados por FAO/Banco Mundial (1991), y que se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Superficie de riego permanente y eventual por zonas y regiones del país

Zona	Regiones	Superficie de riego (miles ha)			
		Permanente (*)	Eventual (*)	Total (*)	Potencial Económico (**)
Norte Chico	Atacama	11,3	11,6	22,9	
	Coquimbo	58,4	45,2	103,6	
Subtotal		69,7	56,8	126,5	94,8
Centro	Valparaíso	97,4	48,0	145,4	
	Metropolitana	224,2	38,5	262,7	
	De O'higgins	235,5	54,8	290,3	
Subtotal		557,1	141,3	698,4	703,9
Centro-Sur	Del Maule	310,2	156,9	467,1	
	Del Bío Bío	215,2	251,3	466,5	
Subtotal		525,4	408,2	933,6	917,4
Sur	De La Araucanía	43,4	15,6	59,0	
	De los Ríos y Los Lagos	3,0		3,0	
Subtotal		46,4	15,6	62,0	1.058,0
Total		1.198,6	621,9	1.820,5	2.774,1

Fuente: (*) Chile Irrigation development Programme (FAO/Banco Mundial 1991).
 (**) Comisión Nacional de Riego.

Las áreas regadas del país se extienden desde la Región de Arica y Parinacota a la Región de Magallanes. Sin embargo el 97% de la zona regada se encuentra comprendida entre las Regiones de Atacama y Los Lagos; lo cual está condicionado fuertemente por la ocurrencia de precipitaciones, las cuales varían desde 0 mm en la zona norte a 4.000 mm en la zona sur.

Para fines explicativos se han establecido 6 zonas: Norte Grande, Norte Chico, Centro, Centro- Sur, Sur y Austral; las cuales incluyen las diferentes regiones administrativas del país, como se visualiza en la Figura 6.

La zona Norte Grande incluye las regiones Arica y Parinacota; Tarapacá y Antofagasta. La zona Norte Chico corresponde a las Regiones de Atacama y Coquimbo. La zona Centro está conformada por las regiones de Valparaíso, Metropolitana y Libertador Bernardo O'Higgins. La zona Centro- Sur comprende a las regiones del Maule y Bío Bío. La zona Sur involucra a las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. La zona Austral comprende las regiones de Aysén y Magallanes.

Según el último Censo Agropecuario (INE 2007), aún existe en el país un alto porcentaje (70%) de métodos de riego superficiales, como tendido y surcos y solamente un porcentaje cercano al 30% con métodos de riego más eficientes como aspersión, goteo y microaspersión, sobre un total de 1.093.806 hectáreas regadas; como se puede ver en la Tabla 2.

Zona Norte Grande

Las precipitaciones en esta zona son escasas o nulas, produciéndose esencialmente en la alta cordillera, lo que genera el fenómeno conocido como invierno boliviano. El déficit de precipitaciones con fines agrícolas es por lo tanto del 100%.

En esta zona la agricultura regada se realiza en torno a los valles que se generan en las riberas de los ríos. Los recursos hídricos son escasos, generándose una fuerte competencia por su uso entre los diferentes sectores: población, minería y agricultura. Por otra parte las aguas presentan altos contenidos de sales y elementos quími-

Figura 6. Zonas de Riego de Chile

REGIONES

- ARICA Y PARINACOTA
- TARAPACA
- ANTOFAGASTA
- ATACAMA
- COQUIMBO
- VALPARAISO
- METROPOLITANA DE SANTIAGO
- LIBERTADOR GENERAL BERNARDO OHIGGINS
- MAULE
- BIO BIO
- LA ARAUCANIA
- LOS RIOS
- LOS LAGOS
- AISEN DEL GENERAL CARLOS IBANEZ DEL CAMPO
- MAGALLANES Y DE LA ANTARTICA CHILENA

0 165 330 660 990 1.320 Kilómetros

1:25.000.000

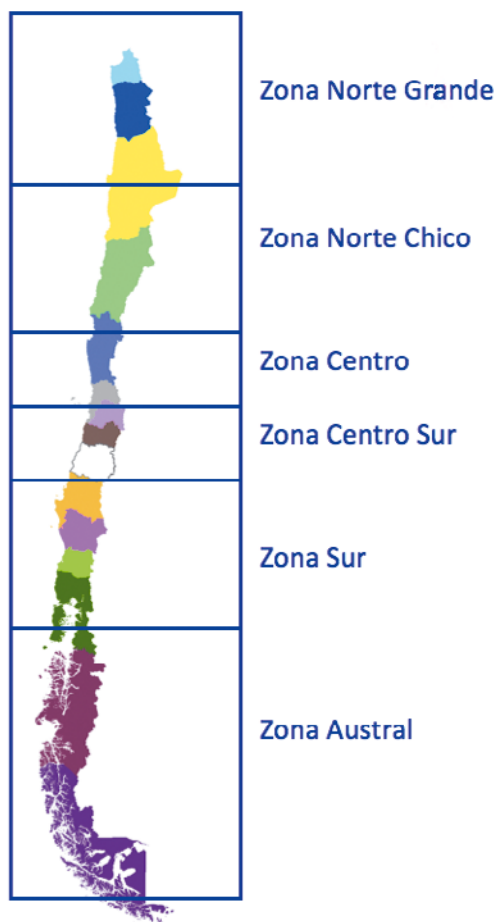


Tabla 2. Superficie por método de riego en las diferentes regiones

Zona	Región	SUPERFICIE (ha)				
		Total Agropecuaria	Regada	Riego Gravitacional	Riego Aspersión	Riego Goteo
Norte Grande	Arica y Parinacota	201.000	11.167	8.987	29	2.151
Norte Grande	Taparacá	325.475	1.133	802	25	305
Norte Grande	Antofagasta	720.159	2.295	2.250	26	18
Norte Chico	Atacama	3.769.753	19.544	7.414	69	12.061
Norte Chico	Coquimbo	3.997.301	75.708	38.431	1.170	36.106
Centro	Valparaíso	1.114.919	86.156	36.015	2.827	47.313
Centro	Metropolitana	1.133.838	136.732	90.890	3.799	42.042
Centro	De O'Higgins	1.130.724	210.691	151.791	2.787	56.112
Centro-sur	Del Maule	1.891.583	299.059	255.854	5.575	37.629
Centro-sur	Del Bío Bío	1.786.379	166.455	142.942	16.979	6.533
Sur	Araucanía	1.936.798	49.771	33.226	12.233	4.311
Sur	De Los Ríos	979.291	8.117	487	6.194	1.434
Sur	De Los Lagos	2.523.056	4.417	78	2.953	1.386
Austral	De Aysén	3.562.848	2.767	1.227	1.487	52
Austral	Magallanes	5.356.956	19.794	19.439	338	16
Total	ha	30.430.080	1.093.806	789.833	56.491	247.469
Total	%		100,0	72,2	5,2	22,6

Fuente: (*) Chile Irrigation development Programme (FAO/Banco Mundial 1991).

(**) Comisión Nacional de Riego.

cos que limitan el desarrollo de la agricultura a variedades locales.

La superficie agropecuaria del Norte Grande alcanza las 1.246.636 hectáreas (Censo Agropecuario 2007), de las cuales 14.597 hectáreas (1,2%) corresponden a áreas regadas.

Las principales áreas regadas de la nueva Región de Arica y Parinacota corresponden a los valles de Azapa y de Lluta. En la Región de Tarapacá, la agricultura se desarrolla en pequeños oasis, como Pica y Matilla, regados con aguas de vertientes naturales, y dedicados principalmente a la producción de frutales subtropicales como mango y cítricos.

En la Región de Antofagasta el riego se desarrolla en torno al río Loa y sus afluentes. La superficie de riego de esta Región alcanza a unas 2.300 hectáreas. En esta zona los principales consumidores de agua son la minería y los centros urbanos, Antofagasta y Calama principalmente.

El desarrollo de la agricultura en esta última Región se ve limitado por la disponibilidad de agua y por la calidad química de ella, que se caracteriza por la alta concentración de arsénico y boro. Esta situación hace que solo puedan cultivarse variedades locales de maíz, alfalfa y otras es-

pecies. Las experiencias desarrolladas para incorporar nuevos cultivos y variedades no han tenido éxito.

Zona Norte Chico

La zona Norte Chico comprende las Regiones de Atacama y de Coquimbo. Las precipitaciones en esta zona varían de Norte a Sur desde unos 25 mm a 200 mm y la temperatura media anual varía entre 12 y 18° C.

El área de riego está confinada a estrechos valles dentro de los que destacan los de Copiapó, Huasco, Elqui, Limarí y Choapa, correspondientes a ríos del mismo nombre. Estos ríos son de origen nival con caudales máximos durante la primavera e inicios de verano. La principal infraestructura hidráulica para el riego comprende los embalses: Lautaro en el río Copiapó (40 millones de m³), Santa Juana en el río Huasco (160 millones de m³), Puclaro y la Laguna en el río Elqui (200 millones de m³ y 40 millones m³, respectivamente), y La Paloma (750 millones de m³), Recoleta (110 millones de m³) y Cogotí (150 millones de m³), en los ríos Grande/Limarí, Hurtado y Cogotí, respectivamente.

Los sistemas de distribución de agua están conformados por canales de largo recorrido que normalmente van en

Figura 7. Vistas de sectores agrícolas de los valles de los ríos Elqui y Limarí. Región de Coquimbo, Chile



las laderas de los cerros; por lo cual presentan importantes estructuras tales como sifones y acueductos. Se estima que la eficiencia del sistema de distribución alcanzaría un 70%.

De acuerdo a antecedentes disponibles (FAO/Banco Mundial, 1991), la zona Norte Chico tiene alrededor de 177.000 hectáreas arables de las cuales 127.000 hectáreas son de riego; de esta superficie 70.000 hectáreas son de riego seguro y unas 57.000 ha de riego eventual (Tabla 1).

Los métodos de riego van desde tendido en cereales hasta riego por goteo en frutales, vides y hortalizas. De acuerdo al último censo agrícola de 2007, la superficie bajo riego por goteo de esta zona es de 48.167 hectáreas (50,6% de la superficie regada), Tabla 2. Es necesario indicar que en el año 1991 se estimaban 9.000 hectáreas de riego por goteo en esta zona; produciéndose un importante aumento en las 2 últimas décadas; regándose terrenos en laderas de cerros, como se puede ver en la Figura 7.

Por otra parte el riego gravitacional representa 48,1% de la superficie regada. De esta superficie aproximadamente el 52% se encontrarían en terrenos nivelados y el resto en terrenos sin adecuación para el riego. La superficie de

riego eventual utiliza en general métodos de riego gravitacionales en suelos sin acondicionamiento para esta práctica.

La eficiencia de aplicación del agua de riego en esta zona se estima del orden del 42 % (Lanas, 1979). Además es necesario indicar que el mayor grado de tecnificación corresponde a los predios sobre 50 hectáreas que presentan el 76,8% de la superficie regada por goteo y prácticamente la totalidad de la superficie regada por aspersión (Tabla 3).

La principal limitación para la agricultura de riego en esta zona es la disponibilidad de recursos hídricos y la principal ventaja de esta zona es su clima, el cual permite la producción de cultivos tempranos, principalmente uva de mesa en parronal. (Tabla 4).

Zona Centro

La zona Centro comprende las regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins. Esta zona tiene un clima mediterráneo con una precipitación media anual entre 300 y 900 mm. Sin embargo, más del 60% de la zona recibe menos de 400 mm. La temperatura media mensual varía entre 8° C en julio a 20 °C en

Tabla 3. Distribución de los métodos de riego según tamaño de la propiedad (%), en la Zona del Norte Chico

Tamaño Propiedad	Regada	Gravitacional	Aspersión	Goteo
Menores de 10 ha.	18,6	26,1	0,8	4,4
De 10 a menos de 50 ha	27,7	32,6	1,9	18,8
Mayores de 50 ha	53,7	41,3	97,4	76,8
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

Fuente: VI Censo Agropecuario Nacional, 1997.

Figura 8. Valle agrícola regado de la Zona Centro, Chile



Tabla 4. Uso del suelo en la zona del Norte Chico

Cultivos	Área	
	(ha)	(%)
Vides vinífera	12.949,56	7,9
Frutales y Parronales	45.339,43	27,5
Hortalizas y flores	13.482,26	8,2
Chacras e industriales	4.557,30	2,8
Cereales	3.318,40	2,0
Praderas	85.020,09	51,6
Semillero	178,00	0,1
Total	164.845,04	100

Fuente: VII Censo Agropecuario Nacional, 2007.

enero. La evaporación excede las precipitaciones durante 8 meses del año.

Los principales ríos para el riego son el Aconcagua (Región de Valparaíso), el Maipo con su tributario el Mapocho (Región Metropolitana) y el río Rapel con sus afluentes el Cachapoal, Claro y Tinguiririca (Región del Libertador Bernardo O'Higgins). Estos ríos son de origen nivo-pluvial, los periodos de estiaje ocurren en verano lo que coincide con el periodo de máxima demanda de los cultivos.

No existen embalses reguladores de importancia en estos causes, sin embargo existen embalses de tamaño menor en diferentes puntos de estas cuencas.

La zona centro tiene importantes canales principalmente construidos por iniciativa privada con eficiencias de conducción estimadas en un 70%.

La gran mayoría de los suelos regados (ver Figura 8) se encuentran en el valle Central (entre la Cordillera de Los

Andes y de La Costa). Los suelos en su mayoría son de carácter aluvial. La superficie total bajo riego es del orden de 698.000 hectáreas de las cuales unas 557.000 hectáreas tienen el carácter de permanentes (Tabla 1).

Los métodos de riego van desde tendido en cereales hasta riego por goteo en frutales, vides y hortalizas. De acuerdo al último censo agrícola de 2007, la superficie bajo riego por goteo de esta zona es de 145.468 hectáreas (33,6 % de la superficie regada), Tabla 2. Es necesario indicar que en el año 1991 únicamente eran 5.000 hectáreas las regadas por goteo en esta zona.

El riego gravitacional representa 64,3 % de la superficie regada. De esta superficie aproximadamente el 60% se encuentra en terrenos nivelados, con un 10 % de sistema de distribución por tuberías enterradas de baja presión. La eficiencia de aplicación del agua de riego en la zona, de acuerdo a los métodos de riego existentes, se estima del orden del 35 % (Peralta et al 1994).

Además es necesario indicar que el mayor grado de tecnificación corresponde a los predios sobre 50 hectáreas que presentan el 75 % de la superficie regada por goteo (Tabla 5).

En esta zona existe una gran diversidad de cultivos, predominando la fruticultura y la producción de uva de mesa, aún cuando en los últimos años se ha incrementado fuertemente la superficie plantada con uva vinífera. La estructura productiva predominante en la zona Centro se presenta en la Tabla 6.

Dentro de los problemas de riego en esta zona se encuentran aquellos relacionados con la baja eficiencia de aplicación del agua a nivel predial y los fenómenos de erosión asociados al mal manejo. Las aplicaciones excesivas de agua y las bajas eficiencias de aplicación provocan problemas de drenaje en algunas áreas de la zona tales como Quillota, Llay-Llay, Curacaví, Chépica

Tabla 5. Distribución de los métodos de riego según tamaño de la propiedad (%), en la Zona Centro

Tamaño Propiedad	Regada	Gravitacional	Aspersión	Goteo
Menores de 10 ha	15,58	17,02	3,20	6,95
De 10 a menos de 50 ha	30,80	33,08	11,82	18,07
Mayores de 50 ha	53,62	49,90	84,99	74,98
Total	100.00	100.00	100.0	100.00

Fuente: VI Censo Agropecuario Nacional, 1997.

Tabla 6. Uso del suelo en la zona Centro

Cultivos	Área	
	(ha)	(%)
Vides vinífera	54.826	12,1
Frutales y Parronales	183.888	40,4
Hortalizas y flores	49.745	10,9
Chacras e industriales	18.637	4,1
Cereales	76.400	16,8
Praderas	54.285	11,9
Semillero	16.962	3,7
Total	454.743	100

Fuente: VII Censo Agropecuario Nacional, 2007.

y Santa Cruz, por mencionar algunas áreas. Las aguas servidas provenientes de los grandes centros poblados y los riles de carácter agroindustrial afectan también a la agricultura regada, constituyéndose en problemas serios en algunas áreas.

Zona Centro- Sur

La zona Centro-Sur incluye la Región del Maule y la Región del Bío-Bío, que en conjunto cubren una super-

ficie total de 67.000 Km². Esta zona presenta un clima mediterráneo pero con mayores montos de precipitación invernal en relación a la zona Centro.

Las precipitaciones varían entre 700 a 1.100 mm. El 80% de las precipitaciones se produce entre los meses de Mayo a Septiembre. La temperatura media mensual varía entre 8°C en julio y 21°C en enero. Dada la distribución de las precipitaciones se requiere de riego en los meses de primavera y verano.

Las principales cuencas hidrográficas de los ríos de esta zona, según datos del MOP, son: Mataquito (5.240 Km²), Maule (20.600 Km²), Itata (11.630 Km²) y Bío- Bío (24.300 Km²).

Existen algunos embalses, dentro de los que se destacan los siguientes: Laguna del Maule, Bullileo y Digua.

No obstante la principal infraestructura de riego está constituida por canales de gran magnitud, muchos de los cuales datan de inicios del siglo pasado (entre 1910 y 1930), con estructuras tales como sifones, túneles y acueductos, los cuales requieren de una rehabilitación. En el último tiempo el Estado ha efectuado importantes inversiones en los sistemas de riego, como se muestra en la Figura 9.

Figura 9. Inversiones en riego en la Región del Bío Bío

Tabla 7. Distribución de los métodos de riego según tamaño de la propiedad (%) en la zona Centro - Sur

Tamaño Propiedad	Regada	Gravitacional	Aspersión	Goteo
Menores de 10 ha	9,17	9,32	1,81	2,46
De 10 a menos de 50 há	33,44	33,89	11,83	9,74
Mayores de 50 ha	57,39	56,79	86,36	87,80
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: VI Censo Agropecuario Nacional, 1997.

De acuerdo a información obtenida de FAO/Banco Mundial (1991), la superficie regada en la zona Centro Sur alcanzaría a las 933.600 hectáreas (Tabla 1). De esta superficie 525.400 hectáreas corresponden a riego seguro y 408.200 a riego eventual. Más del 65% de la superficie de riego eventual del país se encuentra en esta zona.

Los antecedentes proporcionados por el último censo (Tabla 2), indican que el riego tecnificado no representa más del 14,3% de la superficie bajo riego. Con riego por aspersión existen unas 22.555 hectáreas y bajo riego por goteo 44.163 hectáreas. De estas el 85% se encuentra en la Región del Maule. La tecnificación de riego se concentra preferentemente en predios sobre 50 hectáreas (Tabla 7).

La mayor parte de la superficie se riega por métodos gravitacionales (85,7%), predominando fundamentalmente el riego por tendido, en suelos con escasa adecuación. Se estima que menos del 35% de la superficie ha sido nivelada. La zona Centro Sur, y en particular la Región del Bío Bío es una de las áreas con menor tecnología de riego en el país, estimándose que la eficiencia de riego a nivel predial no supera el 25%.

En relación a la estructura productiva de esta zona, disminuye considerablemente la superficie de frutales, aumentando claramente la superficie de cultivos anuales. La estructura productiva predominante de esta zona se presenta en la Tabla 8.

La mayor parte de la superficie está destinada a cereales y praderas. La superficie de viñas principalmente se ubica en zonas de secano.

Zona Sur

La zona sur incluye las Regiones de La Araucanía; de Los Ríos y de Los Lagos, que comprenden una superficie de 99.000 Km². Las condiciones climáticas son del tipo mediterráneo, con un período seco de hasta cinco

Tabla 8. Uso del suelo en el área bajo riego de la zona Centro Sur

Cultivos	Área	
	(ha)	(%)
Vides vinífera	61.128	11,6
Frutales y Parronales	67.521	12,8
Hortalizas y flores	21.193	4,0
Chacras e industriales	55.215	10,5
Cereales	186.758	35,4
Praderas	120.687	22,9
Semillero	15.256	2,9
Total	527.758	100,0

Fuente: VI Censo Agropecuario Nacional, 1997.

meses, hasta climas más lluviosos con precipitaciones durante todo el año. Las precipitaciones son del orden de los 1.200 mm, con temperaturas medias mensuales que varían entre los 7°C en el mes de julio a los 17°C en el mes de enero.

Sólo el área de clima mediterráneo, que se extiende desde Angol hasta unos 50 Km al sur de la ciudad de Osorno, en el valle Central, es la de mayor interés desde el punto de vista de riego y donde uno de los cultivos importantes es la papa (ver Figura 10).

Existen diferencias entre las regiones en cuanto a la disponibilidad de recursos hídricos para riego. En la Región de La Araucanía existen grandes cauces naturales que permiten el desarrollo del regadío.

Todas las áreas indicadas tienen un potencial de expansión en la superficie regada, sin embargo se concentran en el valle central y se requiere de importantes obras civiles y de infraestructura de canales. De acuerdo a estimaciones de FAO/WBCP (1991), en esta zona existiría un potencial de riego de 59.000 hectáreas, con 43.400

Figura 10. Riego en papas INIA, Osorno, Chile



hectáreas de riego permanente y 15.600 hectáreas de riego eventual (Tabla 1).

De acuerdo al último censo agropecuario los métodos de riego predominantes (Tabla 2) corresponden a los gravitacionales (54,2%), fundamentalmente riego por tendido con escaso nivel de tecnificación. No obstante lo anterior la superficie de riego por aspersión ha aumentado considerablemente en los últimos años, y ocupa una superficie de 21.381 hectáreas. Por otra parte el desarrollo de fruticultura, especialmente de pomáceas (Manzanos), ha traído asociada la implementación de riego localizado, existiendo según el último censo unas 7.132 hectáreas con este método de riego. Se estima que la eficiencia de riego en esta región bordearía el 30%.

En las Regiones de Los Ríos y de Los Lagos el riego se desarrolla también en el valle Central, pero es de una naturaleza diferente a lo indicado para la Región de La Araucanía. El agua es normalmente bombeada desde ríos o esteros para el riego suplementario durante los meses de verano, para lo que se utiliza fundamentalmente riego por aspersión. Cabe destacar que en 1997, existían alrededor de 5.600 hectáreas bajo riego por aspersión, para el 2007 alcanzaron las 9.148 hectáreas. El riego por aspersión hoy día representa el 73,0% de la superficie bajo riego, seguido del riego localizado 22,5% y finalmente del riego gravitacional (4,5%). Esto se explica por las condiciones topográficas del área (lomajes suaves) y la ubicación de los cauces. Por lo expuesto anteriormente se estima que la eficiencia de aplicación del agua de riego en las Regiones de Los Ríos y de Los Lagos, puede ser del orden del 70%.

En relación a la estructura productiva en esta zona predominan los cultivos anuales y praderas. La estructura productiva predominante de esta zona se presenta en la

Tabla 9. Uso del suelo en el área bajo riego de la zona Sur.

Cultivos	Área	
	(ha)	(%)
Vides vinífera	39	0,01
Frutales y parronales	24.883	4,60
Hortalizas y flores	8.941	1,65
Chacras e industriales	62.014	11,46
Cereales	210.888	38,97
Praderas	224.535	41,49
Semillero	9.904	1,82
Total	541.204	100

Fuente: VI Censo Agropecuario Nacional, 1997.

Tabla 9. La mayor parte de la superficie está destinada a trigo, papas, remolacha y praderas.

Zona Austral

La zona Austral comprende las Regiones de Aysén y Magallanes. La superficie total de la Región de Aysén alcanza a los 108.494 Km², en tanto la de la Región de Magallanes es de 112.310 km², excluyendo el territorio Antártico chileno.

La superficie considerada de carácter agropecuario llega, entre las dos regiones, al orden de las 8.919.804 hectáreas, de las cuales, según el último Censo Agropecuario, (Tabla 2) 22.561 hectáreas son regadas, fundamentalmente se trata de praderas y algunas superficies menores de cultivos hortofrutícolas, los cuales están expuestos a riesgos de heladas, disponiéndose de sistemas de control como el que se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Sistema anti heladas en Coyhaique, Región de Aysén



Las precipitaciones en esta zona varían de Norte a Sur, y se encuentran afectadas por los cordones cordilleranos. Las precipitaciones registran en promedio entre 2.000 mm, en la zona de Palena, y descienden al Sur, a unos 1.000 mm en el sector de Coyhaique (Región de Aysén). Más hacia el Sur, en la Región de Magallanes, las precipitaciones varían entre los 400 y 200 mm.

Los ríos de la zona Austral se caracterizan por sus crecidas torrenciales de origen andino y su curso se da enteramente en la cordillera de Los Andes, excepto en los casos que fluyen hacia la República Argentina, en la pampa de Magallanes y Tierra del Fuego. En general se

trata de ríos de corto desarrollo pero de gran caudal. Su aprovechamiento para el regadío es mínimo por ser ríos de curso estrecho, salvo en el caso de los ríos Cisne y Aysén y sus afluentes, en la Región de Aysén, los cuales tienen valles y llanuras potencialmente regables. Lo mismo sucede en la Región de Magallanes con los ríos Baguales y Las Chinas.

5.5.2.Drenaje agrícola

Se entiende por suelos con mal drenaje o problemas de drenaje a aquellos suelos que pasan una gran parte del año con exceso de agua, lo cual limita el desarrollo de los

Tabla 10. Distribución de los suelos con drenaje restringido en Chile

Zonas	Clase de drenaje (ha)			Drenaje restringido (ha)	
	Mod. Bien drenadas	Drenaje imperfecto	Drenaje imperfecto a pobre	Total con problemas de drenaje	% total arable
Valle del Elqui IV Región	278	12.112	549	12.939	38
Valle del Aconcagua, Putaendo y La Ligua	5.316	18.192	11.612	35.12	29
Región Metropolitana	25.415	41.663	29.163	96.241	33
Provincia de O'Higgins	31.836	42.575		74.411	45
Provincia de Colchagua	5.199	57.198	39.738	102.126	64
Provincia de Curicó	406	7.275	7.561	15.272	29
Provincia de Linares	24.895	74.606	51.862	151.423	70
Provincia de Ñuble	23.368	64.050	43.252	130.670	38
Provincia de Bio- Bio y Concepción	1.813	40.460	10.381	52.654	22
Provincia de Malleco	5.229		175	5.404	3
Provincia de Valdivia	15.702	62.480	13.721	91.903	38
Provincia de Osorno	5.289	53.809		59.098	38
Total	144.746	474.420	208.014	792.041	37

Fuente: CNR 1979 y Alcayaga 1989.

cultivos y la ejecución oportuna de labores agrícolas. En relación al drenaje, en Chile existe más de 1 millón de hectáreas con este tipo de problema, y unas 33.600 hectáreas, con problemas de salinidad, en buena parte debidos al drenaje restringido. Según las cifras señaladas, los problemas de drenaje existentes en Chile son de significativa magnitud. Por otro lado, el esfuerzo que el Estado ha realizado en cuanto a implementar soluciones para estos problemas ha sido limitado. En los últimos años la actuación del Estado se ha materializado fundamentalmente a través de la ejecución conjunta con el sector privado de algunas obras de drenaje de tamaño menor, lo que benefició una superficie aproximada a las 7.000 hectáreas.

En la Tabla 10, se presenta un resumen de la distribución de los problemas de drenaje entre las Regiones de Coquimbo y de la de Los Lagos, de acuerdo a información de 1979 disponible en la CNR. En esta Tabla se puede observar que de un 30 al 40% de la tierra arable comprendida en las zonas indicadas presenta problemas de drenaje, siendo la provincia de Colchagua una excepción, con más del 63% de su superficie con problemas de drenaje.

5.6. Riego versus medio ambiente, calidad de los productos y energía

Los principales problemas de contaminación que son necesarios resolver y cuyas soluciones comprometen la gestión y disponibilidad de los recursos hídricos del país son los siguientes: por aguas servidas domésticas, por efluentes mineros y residuos industriales líquidos y los proveniente de la actividad agrícola.

Contaminación por aguas servidas domésticas

En Chile se puede observar que junto a elevados índices de cobertura de abastecimiento de agua potable y de servicio de alcantarillado, se tiene un déficit generalizado de plantas de tratamiento, según información de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), en el año 1997 sólo el 20% de las aguas servidas poseía tratamiento, llegando al 70% en el año 2002.

De ese modo, existen descargas de grandes caudales de aguas servidas no tratadas en puntos precisos de los sistemas hidrográficos o del litoral; constituyéndose sin lugar a dudas en la principal fuente contaminante de las aguas en nuestro país.

Contaminación por efluentes mineros y residuos industriales líquidos (riles)

La importante actividad minera que se desarrolla entre la Región de Arica y Parinacota y la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, otorga gran importancia a este tipo

de contaminación, en especial si se considera que coincide con regiones donde los caudales disponibles para dilución son nulos o muy pequeños.

Es de interés destacar el significativo mejoramiento observado en años recientes en el manejo del agua en la minería, en especial en las grandes explotaciones, lo cual ha significado un notable incremento del reuso de las aguas en las faenas y un control estricto de los efluentes. No obstante lo anterior, el tratamiento y disposición de los residuos en la actividad minera continúa siendo un tema de alta preocupación en las regiones señaladas, en especial en relación a la gestión ambiental de la minería pequeña y artesanal que a pesar de estar muy difundida tiene un bajo nivel tecnológico. También significa un riesgo ambiental la existencia de numerosos depósitos de residuos minerales, que de acuerdo a las evaluaciones del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), están en condiciones deficientes.

En relación al uso industrial, de acuerdo al catastro de la SISS se identificaron 1.780 descargas industriales, de las cuales el 65% se disponen en las redes de alcantarillado confundiendo con las descargas domésticas y se depositan en la cuenca, ya sea a través del sistema hidrográfico, canales de riego, por vertidos al suelo o directamente al mar, el 35%. Esta situación se ve agravada por la heterogénea distribución regional de la actividad industrial en el país que produce una fuerte concentración de los problemas de contaminación por riles en 3 zonas principales: la Región Metropolitana (cuencas de los ríos Maipo y Mapocho), la Región del Bío Bío (cuenca del río Bío Bío) y Valparaíso- Viña del Mar (cuenca de los ríos Aconcagua y Marga-Marga).

Contaminación agrícola y difusa de aguas subterráneas

Los principales contaminantes corresponden a la lixiviación de sales del suelo, y a la incorporación de fertilizantes y pesticidas utilizados en la actividad agrícola.

A este respecto, en nuestro país se ha detectado la existencia de procesos de salinización en diferentes valles del norte asociados a la actividad agrícola (río San José, río Camarones, río Copiapó, río Huasco, río Elqui y otros). Un ejemplo notable en este sentido se observa en el valle de Azapa (Región de Arica y Parinacota), donde la incorporación de nuevos suelos al riego desde los años 60 del siglo XX ha ido acompañada de un incremento sostenido de la concentración de sales en las aguas subterráneas. Otro caso relevante de contaminación difusa se observa en la Región Metropolitana, donde se presenta el incremento de nitratos en las aguas subterráneas provocado por el riego con aguas servidas.

La contaminación con nitratos por el uso de fertilizantes en la actividad agrícola se ha observado en las áreas regadas de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins al norte, en especial en las aguas subterráneas de los cursos inferiores. Sin embargo, ella en general no alcanza niveles que se acerquen a los límites admisibles ya que en Chile el contenido base de nitratos en las aguas naturales es extremadamente escaso. Cabe señalar que el seguimiento de este tema reviste mucho interés si se considera que el uso de fertilizantes en las zonas regadas del país entre 1980 y 1990 aumentó de una tasa promedio de aproximadamente 50 kg/ha a 150 kg/ha, este último valor es comparable con el de países desarrollados que tienen un agudo problema por contaminación de este origen.

En relación a la posible contaminación por pesticidas, se puede señalar que ella no ha sido detectada en los estudios realizados por la DGA en aguas subterráneas y superficiales de Santiago al norte. Por su parte, el INIA ha medido trazas de pesticidas órgano-clorados en el 61,9 % de las muestras obtenidas en ríos de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins y en el 33,3 % de las muestras correspondientes a las Regiones del Maule y del Bío Bío.

Actualmente la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) está elaborando la normativa de calidad que deben cumplir las aguas superficiales.

5.7. Proyectos de investigación y desarrollo

Capacidades profesionales y técnicas

Al analizar las capacidades profesionales y técnicas en riego y drenaje es necesario separarlas en lo referente a la formación de profesionales; investigación; transferencia de tecnología y tecnificación o puesta en riego

En el país existe un gran número de Universidades que forman ingenieros agrónomos, sin embargo solo dos de ellas, la Universidad de Chile y, sobre todo, la Universidad de Concepción forman este tipo de profesional con especialidad en riego. En la Tabla 11 se presenta el número de profesionales a jornada completa con estudios de post grado que se desempeñan en las diferentes Universidades, de los datos se desprende que solo la Universidad de Concepción presenta una masa crítica aceptable.

En cuanto a investigación en riego y drenaje, éstas son realizadas por algunas universidades con su escaso personal y por el INIA.

El grupo de especialidad de Riego y Drenaje del INIA está constituido por 15 profesionales de jornada completa y

Tabla 11. Número de profesores jornada completa con post grado en las diferentes Universidades del país

Universidad	Grado Academico Ph.D o Doctorado	Master o Magister
U. de Tarapacá	0	1
U. Arturo Prat	0	2
U. de La Serena	1	0
U. Católica de Valparaíso	1	0
U. Católica Santiago de Chile	1	1
U. de Chile	2	0
U. de Talca	2	2
U. Concepción	6	0
U. de La Frontera	0	1
Total	13	7

contrato indefinido. De estos profesionales, 14 tienen estudios de postgrado.

La edad media del grupo es de 46 años; el 50% es menor de 48 años, por lo que se trata de un grupo de profesionales relativamente jóvenes.

A nivel del país, el mayor número de profesionales especialistas en riego y especialidades asociadas se encuentra en el INIA. En a Tabla 12 se puede observar el número de profesionales jornada completa que dispone el INIA para realizar esta labor, distribuidos en sus diferentes Centros Regionales de Investigación (CRI):

Estos profesionales permanentes son los gestores de los proyectos de investigación y transferencia tecnológica que se desarrollan actualmente y, que a través de ellos han incorporado a otros profesionales, normalmente jóvenes y de menor experiencia, a plazo fijo, que permiten aumentar la masa crítica de trabajo.

Las líneas de investigación:

1. Riego y producción de cultivos

1.1 Programación de riego y fisiología del agua

- Programación y control de riego.
- Manejo de riego en suelos con propiedades físicas restringidas.
- Estrategias de riego para enfrentar períodos de escasez de agua.
- Manejo de riego y calidad de productos.

Tabla 12. Grupo de especialidad de Riego y Drenaje del INIA

Centro Regional de Investigaciones	Profesionales	(%)	Observaciones
CRI Intihuasi	3	20,0	1 Ingeniero Agrónomo, Ph. D. 1 Ingeniero Agrónomo, M. Sc 1 Ingeniero Agrónomo, M. Sc.
CRI La Cruz	2	13,3	1 Ingeniero Agrónomo, Ph. D. 1 Ingeniero Agrónomo, M. Sc.
CRI La Platina	3	26,7	2 Ingeniero Agrónomo, Ph. D. 1 Ingeniero Agrónomo, M. Sc
CRI Rayentué	1	6,6	1 Ingeniero Agrónomo.
CRI Raihuén	-	0.0	
CRI Quilamapu	3	20,0	1 Ingeniero Agrónomo, Ph. D. 1 Ingeniero Civil Agric., Ph. D. 1 Ingeniero Agrónomo, M. Sc.
CRI Carillanca	3	20,0	1 Ingeniero Agrónomo, Ph. D. 1 Ingeniero Agrónomo , Ph. D. 1 Ingeniero Agrónomo , Ph. D.
CRI Remehue	0	0.0	
CRI Tamelaike	0	0.0	
CRI Kampenaike	0	0.0	

1.2 Fertirrigación y manejo de las propiedades químicas de la rizósfera

e. Fertirrigación

- a. Mejoramiento de las limitantes químicas de los suelos.

cuales ayudarán a la implementación de acuerdos de producción limpia (APL) con los que el país se comprometa.

1.3 Enfoque Estratégico

- Control de desordenes fisiológicos.
- Requerimientos nutricionales de acuerdo a la fenología orientados a la calidad de poscosecha.
- Ampliación de la frontera frutícola a suelos con restricciones químicas

2. Riego y medio ambiente

- Evaluar el efecto de las aguas tratadas sobre el desarrollo de los cultivos y sobre las características físico-químicas y biológicas del suelo.
- Evaluar sistemas naturales de tratamiento y recuperación de aguas residuales.
- Procesos y fenómenos de contaminación difusa del sistema hídrico que está asociado al uso de fertilizantes y pesticidas en las zonas de riego.
- Pautas y normas de manejo que permitan elaborar manuales de buenas prácticas agrícolas (BPA), los

3. Validación y transferencia de tecnología

Investigación y Transferencia de tecnología:

La transferencia tecnológica, en la agricultura campesina, es realizada principalmente por empresas privadas contratadas por INDAP en sus distintos programas (SAL, SAP, PRODESAL). Estas empresas en general no disponen de técnicos especialistas en riego y drenaje, por lo cual este tipo de servicio no ha podido ser abordado en la profundidad necesaria.

Debido a lo anterior, tanto la Comisión Nacional de Riego (CNR) como el Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario (INDAP), en los últimos años han realizado un gran número de cursos destinados a los agentes de extensión de manera de ir solucionando esta deficiencia. Es necesario evaluar esta iniciativa para conocer su eficacia en la solución del problema descrito.

Se desprende entonces que las capacidades profesionales y técnicas en riego y drenaje son insuficientes en lo que ha transferencia tecnológica a pequeños agricultores se refiere. Esta deficiencia es mayor en la zona sur del país, donde el riego ha comenzado a introducirse fuertemente en los últimos años.

La tecnificación del riego a nivel predial, que incluyen trabajos en nivelación; construcción de tranque; instalación de riegos localizados y aspersión; presentación de proyecto a la Ley 18.450; etc., es realizada por una serie de empresas consultoras con una adecuada capacidad profesional y técnica. Sin embargo estas empresas, por problema de rentabilidad, concentran su servicio principalmente en los medianos y grande agricultores. Por lo cual la pequeña agricultura presenta una deficiente capacidad profesional y técnica en lo referente a la tecnificación o puesta en riego.

La investigación agrícola en riego y drenaje es realizada por algunas Universidades con su escaso personal y por el INIA, cuya misión es la generación y difusión de infor-

mación científica aplicada en el contexto de la agricultura chilena.

Por lo indicado anteriormente, el INIA, en el ámbito del riego, desde hace un tiempo se ha planteado como temáticas de trabajo aspectos relacionados con el uso eficiente del recurso hídrico; su conservación y rentabilidad. Este último punto principalmente en la zona sur del país.

La institución que por misión debe desarrollar investigación y transferencia tecnológica para la agricultura es el INIA . En la Tabla 13 se indican los diversos proyectos de riego que INIA ha realizado, en el último tiempo, o está realizando a nivel del país, en investigación y transferencia de tecnología.

Tabla 13. Proyectos de investigación y transferencia de tecnología en riego y drenaje ejecutados y en ejecución por INIA Chile

Nombre del proyecto	Localización según región	Fuente de financiamiento
Zona Norte - CRI Intihuasi		
Sistema interactivo de apoyo al riego en la Provincia de Limarí, SIAR Limarí, Región de Coquimbo, Chile. (2006-2009).	IV	INNOVA - CORFO
Desarrollo de un modelo de Gestión Integral para el resguardo de la calidad de las aguas en las cuencas de Huasco, Limarí y Choapa, Regiones de Atacama y Coquimbo, Chile. (2007-2009).	III y IV	INNOVA-CORFO
Diagnóstico de certificación de equipos y elementos de riego. (2007-2008)	Todas	CNR
Selección de sustratos locales y confinamiento de raíces para obtener la productividad de variedades híbridas de arándanos en condiciones de aridez.	IV	FIA
Tasas de Riego en paltos (Persea americana Mill.). (2005-2007)	IV	Privado - INIA
Estudio de validación de tecnología de riego en el valle del Huasco, Provincia de Huasco, III Región (1993-1997)	III	CNR
Manejo de suelos salinos y/o sódicos en los valles de Huasco y Copiapó (1993-1996)	III	BID - 2
Manejo del suelo y agua de riego para reducir el impacto de la salinidad en cultivos agrícolas del valle de Copiapó (1997-1999)	III	FNDR
Desarrollo y adaptación de tecnología de riego como fuente de información para un programa de transferencia tecnológica (1994-1997)	IV	FONDEF
Validación y transferencia de tecnologías y sistemas productivos en el área del Proyecto PROMM Sifón La Placa (1993-1997)	IV	ODEPA
Validación y transferencia de tecnologías y sistemas productivos en el área del Proyecto PROMM Canal Buzeta (1993-1997)	IV	ODEPA
Transferencia tecnológica de riego y alternativas productivas para las Comunas de Río Hurtado y Punitaqui (1996-1999)	IV	FNDR
Validación de tecnología de riego en el valle del Huasco, Provincia de Huasco, (1998-2000).	III	FNDR + CNR
Validación y transferencia de tecnologías de riego y alternativas de cultivo en áreas regadas, Sistema Paloma (1998-2003)	IV	ODEPA+FNDR

Nombre del proyecto	Localización según región	Fuente de financiamiento
Validación y transferencia de tecnologías de riego y alternativas de cultivo en áreas regadas, cuenca del Choapa, (1998-2003)	IV	ODEPA+FNDR
Programa de Manejo tecnológico de sistemas de riego intrapredial. Capacitación extensionistas zona Norte (1999-2001)	I a la V	CNR
Programa de Capacitación de Agricultores. INDAP en Operación y Mantenimiento de Sistemas de riego presurizado, 1999.	IV	INDAP
Tasas de Riego en paltos. 2005-2008	IV	INIA/Privado
Sistema Interactivo de apoyo al riego en la Provincia del Limarí, SIAR Limarí. 2006-2009.	IV	INNOVA CORFO
Desarrollo de un modelo de Gestión Integral para el resguardo de la calidad de las aguas en las cuencas de Huasco, Limarí y Choapa. 2006-2009.	IV	INNOVA CORFO
Aplicación de red de Monitoreo de Calidad de aguas en el Río Huasco y sus afluentes. 2009-2010.	III y IV	INNOVA CORFO
Evaluación de los cambios en la productividad del agua frente a diferentes escenarios climáticos en distintas regiones del Cono Sur. 2009-2012	Chile, Bolivia, Argentina y Uruguay	FONTAGRO
Zona Centro - CRI La Cruz / CRI La Platina / CRI Rayentué		
Desarrollo y adaptación de tecnología de riego como fuente de información para un programa de transferencia tecnológica (1994-1997)	RM	FONDEF
Validación y transferencia de tecnologías y sistemas productivos en el área del Proyecto PROMM Embalse Lliu Lliu (1993-1997)	V	ODEPA
Validación y transferencia de tecnologías y sistemas productivos en el área del Proyecto PROMM San Felipe/Los Andes (1996-2000)	V	ODEPA
Validación y transferencia de tecnologías de riego y sistemas productivos en el área del Proyecto PROMM Waddington (1996-1998)	V	ODEPA
Validación y transferencia de tecnologías y sistemas productivos de riego, Provincia de Quillota, (1999 a 2004)	V	ODEPA + FNDR
Validación y transferencia de tecnologías y sistemas productivos en el área del Proyecto PROMM Embalse Convento Viejo (1993-1997)	VI	ODEPA
Validación y transferencia de tecnologías y sistemas productivos de riego. Cuenca del río Tinguiririca (1999-2004)	VI	CNR+ FNDR
Estrategias de riego deficitario controlado en frutales y hortalizas (1997-2000)	V y RM	FIA
Riego tecnificado en el Secano Costero e Interior (1999-2000)	VI	FNDR
Levantamiento de estudios básicos para proyectos tecnificados de riego (1998-1999)	VI	FNDR
Levantamiento de estudios básicos para proyectos tecnificados de riego (2003 - 2004)	VI	FNDR
Aplicación de sistemas de riego tecnificado en el secano costero e Interior, (1997-2000)	VI	FNDR
Validación y difusión de tecnologías de riego en el secano (1999-2000),	VI	CNR
Programa de desarrollo de sistemas de riego en el secano interior y costero: capacitación y difusión de tecnologías de riego (1999-2000)	V,VI, VII y RM	CNR
Programa de manejo tecnológico de sistemas de riego. Difusión técnica (Revista). 1999-2000	I a la XII	CNR

Nombre del proyecto	Localización según región	Fuente de financiamiento
Centro Demostrativo de Riego Los Choapinos (1999 - 2003)	VI	FNDR
Estudio de las lombrices de tierra como agentes mejoradores de las propiedades físicas del suelo en huertos frutales orgánicos y convencionales. FIA Código. C01-A-025, 2002-2004.	V	FIA
Aumento de la productividad del palto a través del mejoramiento de las prácticas de riego y aireación del suelo en la zona central del país. FDI, 2004-2006. PROYECTO 03C9AT- 04	V	INNOVA
Aumento de la calidad comercial de las paltas a través del manejo químico de la rizósfera FDI, 2005-2007. PROYECTO 04CR8PAD- 06	V	INNOVA
Optimización del riego en el cultivo del palto a través del uso de la cámara de presión y el desecado parcial de las raíces. FONTEC, 202-3352 (2002) 2003-2005.	V	FONTEC
Aumento de la productividad y competitividad de la uva de mesa a través del uso de porta injertos tolerantes a suelos con limitaciones físicas y de técnicas de manejo agronómico que mejore las condiciones de aireación en la zona de raíces INNOVA, 2007-2013.	V	INNOVA
Generación y producción de plantas de Eucalyptus globulus tolerantes a la sequía 2009 - 2011	RM	INNOVA
Uso de indicadores fisiológicos del estado hídrico de la planta como criterios de control de la programación del riego localizado en uva de mesa 2003 – 2005.	V	Fondecyt
Riego deficitario en frutales, como estrategia para enfrentar situaciones de escasez de agua	V	FIA
Difusión y Transferencia Tecnológica en Riego para Palto y Cítrico, para agricultores de las provincias de Petorca y Quillota. 2008-2010	V	INNOVA CORFO
Nodo Tecnológico del Riego. 2007-2008.	VI	INNOVA CORFO
Cosecha y manejo de aguas lluvias en la producción del secano del Libertador O'Higgins. 2008-2009.	VI	PNUD
Nodo Tecnológico del Riego. Segunda Fase. 2008-2009.	VI	INNOVA CORFO
Programa Arica y Parinacota: Validación, difusión y transferencia tecnológica de sistemas de riego tecnificado para el manejo eficiente del agua, en los Valles de Azapa, Lluta y Camarones, en la Región de Arica y Parinacota (XV). 2009-2011.	XV	Gobierno Regional
Zona Centro Sur – CRI Raihuén / CRI Quillamapu		
Desarrollo y adaptación de tecnología de riego como fuente de información para un programa de transferencia tecnológica (1994-1997)	VIII	FONDEF
Validación y transferencia de tecnologías y sistemas productivos en el área del Proyecto PROMM Canal Cayucupil (1995-1997)	VIII	ODEPA
Validación y transferencia de tecnologías y sistemas productivos en el área del Proyecto PROMM Sifón Loncomilla (1995-1997)	VII	ODEPA
Validación y transferencia de tecnologías en sistemas productivos campesinos optimizando la variable hídrica, Comuna de Portezuelo, (1995-1997)	VIII	ODEPA
Estudio sobre transferencia tecnológica en riego e incorporación de nuevos cultivos en el valle de Péncahue, (1992-1993)	VII	CNR
Identificación de la demanda tecnológica y de investigación y caracterización del área del sistema de riego del Laja – Diguillín (2000)	VIII	INIA
Programa de manejo tecnológico de sistemas de riego intrapredial. Capacitación de Extensionistas zona Sur (1999-2001)	VI a IX	CNR
Desarrollo de capacidades para la innovación tecnológica de riego y drenaje, con el objeto de fortalecer la aplicación de instrumentos del estado. (2000-2001)	VIII a X	CORFO

Nombre del proyecto	Localización según región	Fuente de financiamiento
Módulo Demostrativo Human (2000)	VIII	INIA
Gestión de riesgo agropecuario: modelo de análisis para la toma de decisiones bajo incertidumbre. 2005-2009	VIII	INIA
Estudios hidrológicos para fines de riego. 2008-2009	VIII	INIA
Ordenamiento territorial de cuencas hidrográficas del sur de Chile para su protección hidrológica. 2009-2011	VIII	INNIVA CORFO
CADEPA: Conservación del Medio Ambiente y Desarrollo Rural Participativo en el Secano Mediterráneo de Chile. 2000-2007	VIII	INIA-JICA
Integrating Knowledge from Computational Modelling with Multi-Stakeholder Governance. 2005-2008	VII	WATER CHALLENGE PROGRAM: IFPRI, UTALCA, ZEF, UFZ, U. de HOHENHEIM, INIA
Capacitación, seguimiento y evaluación de proyectos de riego tecnificado en el secano de la, 2002	VIII	CNR
Zona Sur - CRI Carillanca; CRI Remehue; CRI Tamelaike y CRI Kampenaike		
Desarrollo y adaptación de tecnología de riego como fuente de información para un programa de transferencia tecnológica (1994-1997)	IX y X	FONDEF
Validación y transferencia de tecnologías y sistemas productivos en el área del Proyecto PROMM Canal Faja Maisan (1995-2000)	IX	ODEPA
Estudio de investigación y validación de tecnologías de drenaje (1995-1997)	IX, X y XI	CNR
Investigación tecnológica en drenaje, (1994-1997)	X	FNDR
Programa de aplicación de tecnologías de drenaje, (1999-2000)	IX y X	CNR
Desarrollo de capacidades para la innovación tecnológica en riego y drenaje, con el objeto de fortalecer la aplicación de instrumentos del Estado (1999-2001)	VIII a X	CORFO
Programa de manejo tecnológico de sistemas de riego intrapredial. Capacitación de Extensionistas zona Sur (1999 –2001)	VI a IX	CNR
Validación y transferencia de tecnologías y sistemas productivos en el área del Proyecto PROMM Huertos Familiares de Puerto Natales. (1995-2000)	XII	ODEPA
Manejo de sistemas de riego y drenaje para la Región de Aysén, (1997-2002)	XI	FNDR
Manejo Tecnológico de Sistemas de Riego intrapredial, Capacitación de Extensionistas zona Sur. (1999 – 2002)	IX	CNR
Desarrollo de Capacidades para la innovación tecnológica en riego y drenaje con el objeto de fortalecer la aplicación de instrumentos de fomento del Estado. (2000 – 2002)	VIII, IX y X	CORFO
Difusión y transferencia riego y drenaje. (2003 – 2004)	IX	CONTRATOS PRIVADOS NACIONALES
Convenio INIA-CCU Unidad de Investigación en Riego. (2004 -2007)	IX	CONTRATOS PRIVADOS NACIONALES

5.8. Vacíos y desafíos tecnológicos

Desafíos futuros:

Quemigación

La quemigación es la inyección de químicos en el sistema de riego. Ofrece una serie de ventajas económicas en comparación con los demás métodos convencionales, dado que promueve uniformidad en la aplicación de los químicos, permitiendo la distribución de éstos en cantidades pequeñas durante la época de crecimiento, cuando y donde son necesarios.

- **Fertirrigación**

Todo fertilizante que ha de aplicar por medio del sistema de riego por goteo debe ser soluble. Los compuestos químicos parcialmente solubles causan problemas de obstrucción y además crean problemas operacionales.

- **Mejoramiento de las limitantes químicas de los suelos.**

Reduce la compactación del suelo y el daño químico a la cosecha.

- **Enfoque Estratégico**

- control de desordenes fisiológicos.
- requerimientos nutricionales de acuerdo a la fenología orientados a la calidad de poscosecha.
- ampliación de la frontera frutícola a suelos con restricciones químicas.

- **Demandas de agua:**

No se dispone de información local generada y validada a nivel de diferentes zonas agroecológicas que permita definir requerimientos hídricos de las principales especies frutales

- dimensionamiento de obras de riego
- programación de riego
- optimización del uso del agua

- **Generación de coeficientes de cultivo:**

- Estudios lisimétricos.
- Balance de energía.
- Balance hídrico.

Eco fisiología:

- **Integración con el mejoramiento genético y biotecnológico**

- **Enfoque estratégico:**

- valorización fisiológica del mejoramiento genético.

- Eco fisiología de los sistemas radiculares.
- Interacción patrón/injerto.
- Resistencia a estrés abiótico.
- Eficiencia fotosintética.

5.9. Financiamiento de la investigación en riego y drenaje

La mayor parte del financiamiento de las actividades del Grupo ha provenido de Fondos Regionales (FNDR), Nacionales (CNR, ODEPA) y Fondos Concursables, de origen Público (FONDEF, FONDECYT) y fondos CORFO (FONTEC, INNOVA), siendo las fuentes de financiamiento de origen Privado de menor importancia. (Ver Tabla 13)

5.10. Conclusiones

Existen en el país alrededor de 1.200.000 hectáreas de riego seguro, 600.000 hectáreas de riego eventual y 700.000 hectáreas actualmente de secano, que pudieran ser regadas. Todo lo cual totaliza una superficie potencial de riego de 2.500.000 hectáreas.

La institucionalidad de riego en Chile está representada por varias instituciones públicas, con diferentes funciones, responsabilidades y roles. A nivel privado, la situación es similar.

Chile presenta una gran diversidad de climas y condiciones agroecológicas; sin embargo, se pueden identificar una zona árida y semiárida, en la zona Norte del país (Santiago al norte) y donde el riego es fundamental para desarrollar agricultura durante todo el año. También existe una zona de clima templado, en el Centro y Centro-Sur del país, donde el riego es necesario con mayor fuerza en al menos 8 meses del año.

Más al sur, el riego es eminentemente suplementario para el período estival.

En relación a investigación en riego, en Chile se ha optado por un sistema de proyectos concursables, los cuales son presentados a diferentes fuentes de financiamiento. En el caso de riego, existe un buen número de proyectos de investigación en diferentes materias, que son abordados por las Universidades y por el INIA.

Finalmente debe mencionarse, la importancia que debe darse a la cooperación internacional, en los ámbitos de investigación y capacitación en riego, lo cual permite formar equipos de trabajo con investigadores y profesionales de distintos países, para enfrentar temática de interés mutuo.

6.1. Introducción

En el Paraguay el sector agropecuario genera el 90% de las exportaciones, son los granos de soja y la carne vacuna los principales productos de exportación. Además de estos, entre los principales rubros de la producción en gran escala figuran el trigo, el maíz, el girasol y el arroz de riego. En fincas menores y en su mayoría de tipo familiar se produce yerba mate, caña de azúcar, kaá heé, sésamo, algodón, maní, tártago, tabaco, tomate, pimienta, zanahoria, banana, piña y otros rubros hortifrutícolas.

La agricultura en el Paraguay presenta una marcada estacionalidad de su oferta y oscilaciones inter anuales de los rendimientos por superficie cultivada, aun en rubros de ciclo corto, debido a que se realiza en dependencia de las precipitaciones climáticas para la provisión de agua, la cual en determinadas zonas y épocas del año resulta deficiente.

A pesar de su inmenso potencial, la aplicación del riego como práctica agrícola para compensar el déficit hídrico causado por la insuficiencia de las precipitaciones está escasamente desarrollada.

El país, posee una superficie de 406.752 Km² y una población de 6.119.642 (DGEEC, 2007) habitantes. Está dividido en dos regiones naturales separadas por el río Paraguay; la región Oriental y la región Occidental o Chaco.

La región Oriental comprendida entre los ríos Paraguay y Paraná, es la más explotada para la producción agrícola debido a las condiciones edafoclimáticas que posee, a pesar de la existencia de zonas con irregular distribución de las precipitaciones. La temperatura media en invierno es de 18 °C y en verano de 24 °C, llegando a alcanzar los 38 °C y la precipitación media anual es de 1.270 mm, aunque al este llega hasta los 1.900 mm.

La región Occidental, también cuenta con zonas agro ecológicas de potencial agrícola pero, por el aislamiento y la baja disponibilidad de recursos hídricos cuenta

con menor desarrollo agrícola. Tiene un clima tropical húmedo y tropical seco, en el límite con el semi-árido. Las precipitaciones se concentran en el verano (octubre a marzo) existiendo zonas que son totalmente secas (desérticas) durante el invierno. La temperatura media es de 24 °C y la precipitación media anual en la parte superior es de 400 mm, variando de 500 a 1.000 mm en la zona media e inferior.

6.2. Diagnóstico y caracterización de los recursos hídricos

La precipitación media anual en todo el territorio paraguayo es de 1.128 mm, que suponen unos 459 km³/año, estimándose las pérdidas por evapotranspiración y evaporación del orden de 80%. De este aporte, se convierten en Recursos Hídricos Internos Renovables (RHIR) 92 km³/año. De los RHIR, el 44 % recarga los acuíferos y el 56 % se convierte en escorrentía superficial.

El Paraguay pertenece en su totalidad a la gran cuenca del río de la Plata, una de las corrientes de mayor envergadura en el continente americano y en el mundo, por la extensión, por los caudales que produce, y por sus recursos naturales. Las cuencas de los ríos Paraguay y Paraná son las más importantes del sistema del río de la Plata.

La cuenca del río Paraguay, con varios afluentes, abarca la totalidad de la región Occidental y dos tercios de la región Oriental, totalizando el 87 % del territorio paraguayo (353.874 km²), en la cual se incluye al río Pilcomayo que desemboca en el río Paraguay. La cuenca del río Paraná, también con varios afluentes abarca el 13 % restante de la superficie (52.998 km²). Así también el Paraná es el principal río de la cuenca del Plata, por su extensión, por su magnitud de los caudales que presenta, mientras que el río Paraguay es su principal tributario.

En el sistema fluvial Paraguay- Paraná es una hidrovía comercial estratégica que conecta el interior de América

del Sur con los puertos de aguas profundas en el tramo inferior del río Paraná y en el río de la Plata. De más de 3300 km de largo desde su nacimiento, en Cáceres, Brasil; hasta el extremo final en el delta del Paraná, la hidrovía proporciona acceso y sirve como importante arteria de transporte para grandes áreas de Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay.

Por otro lado, el país cuenta con tres grandes embalses empleados para la generación de energía eléctrica, Acaray, Itaipú y Yacyretá. El embalse del río Acaray es el menor y se encuentra en el departamento de Alto Paraná; el embalse de Itaipú, localizado en el río Paraná en la frontera entre Brasil y Paraguay, tiene una capacidad de embalse de 29 km³, con una altura máxima del dique de 225 m; el embalse de Yacyretá, también en el río Paraná en la frontera con Argentina, almacena cerca de 81 km³ de agua.

La disponibilidad del agua en el Paraguay es superior a la disponibilidad media en los demás continentes. Paraguay es el país con mayor disponibilidad de agua luego de Guyana y Surinam en Latinoamérica.

Según datos existentes, la disponibilidad es de aproximadamente 63.000 m³/hab./año, y los usuarios de los

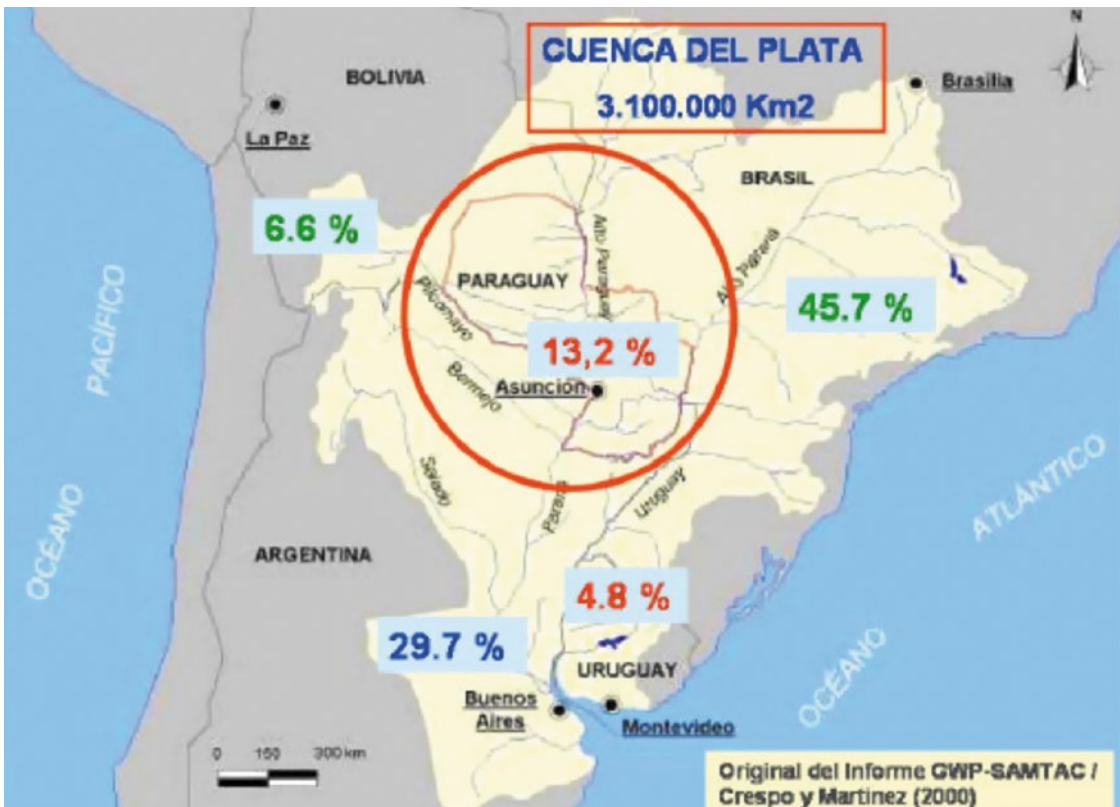
sectores doméstico, agrícola, ganadero e industrial- con excepción del sector hidroeléctrico- consumen 645 millones de m³.

La demanda actual del recurso se distribuye entre los usos consuntivos del agua para, el consumo y saneamiento de la población con 56 %, seguido del agua para el riego en la agricultura con 22 %, la ganadería con 13 % y la industria manufacturera que utiliza el agua como insumo o como participante en procesos de manufactura (enfriamiento, lavado, solvente, auxiliar en cortes, etc.) con 9 %.

Al considerar como unidad de análisis, las dos regiones en que se divide el país se destaca el déficit de la región Occidental o Chaqueña, debido a la mala distribución temporal y espacial de la poca agua proveniente de las precipitaciones, sumándose a éstas las restricciones en cuanto al uso del agua subterránea por su condición salina y salobre.

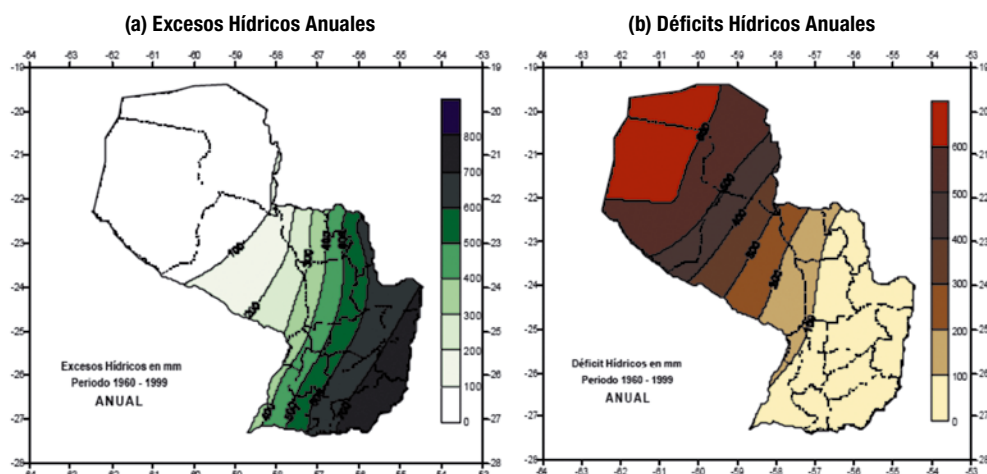
La región Oriental cuenta con un importante potencial en recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos, estos son de buena calidad para el consumo humano y el riego. No obstante, la distribución de las precipitaciones es irregular, condiciones que hacen factible el riego de apoyo o complementario.

Figura 1. Paraguay en la Cuenca del Río de la Plata



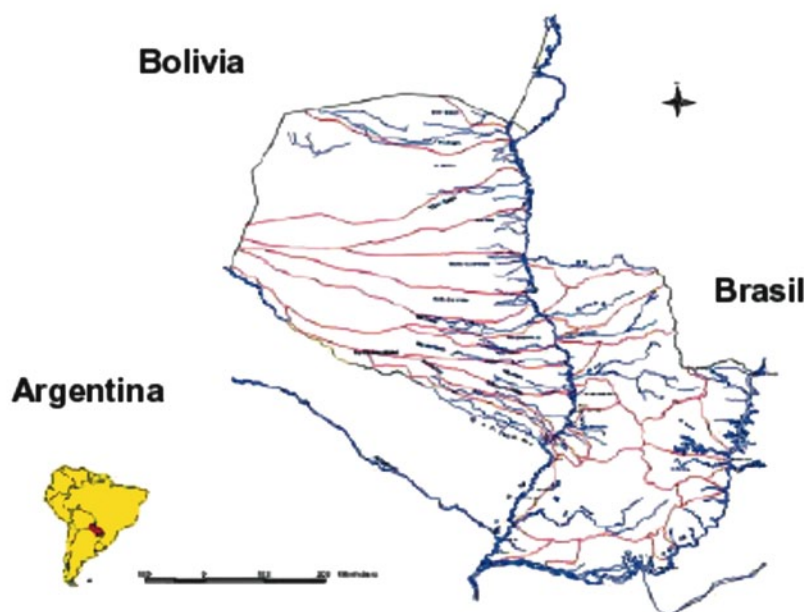
Fuente: Tomado de Visión de los Recursos Hídricos del Paraguay, año 2004 pág. N°16.

Figura 2. Paraguay. Años 1960 – 2000



Fuente: Tomado de Visión de los Recursos Hídricos del Paraguay, año 2004 pág. N° 43.

Figura 3. Paraguay. Sistema hídrico (azul) y sub cuencas (rojo)



Fuente: Tomado de Visión de los Recursos Hídricos del Paraguay, año 2004 pág. N° 24.

6.3. Políticas de Riego

Con relación a la formulación y existencia de políticas para la aplicación y el desarrollo del riego y drenaje en el Paraguay se rescatan dos aspectos, uno desde el punto de vista de la producción agrícola en sí y otro desde el punto de vista del aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) es la institución gubernamental encargada de la formulación de políticas para el sector de la producción agropecuaria.

En ese marco, dentro de su política de apoyo a la agricultura familiar, a través de la Dirección de Extensión Agraria (DEAg), brinda asesoramiento técnico a los productores y posee una dependencia que apoya la implementación de sistemas de agua potable y riego por medio de la excavación de pozos artesianos en comunidades rurales.

En cuanto a la política sobre la utilización de los recursos hídricos, la Secretaría del Ambiente (SEAM), es la institución encargada de su formulación a partir de la promulgación, en el año 2007, de la Ley de Recursos Hídricos del Paraguay.

La Ley citada se encuentra en su fase de reglamentación y próximamente será implementada, con esto se logrará llenar en el país un inmenso vacío existente en principios y políticas rectoras sobre el uso del agua en sus diferentes formas.

6.4. Marco institucional y legal

El marco institucional para la producción agrícola y la aplicación del riego está constituido por organismos de diferentes niveles de funcionamiento, nacional, regional y local; con ámbitos de actuación y grado de incumbencia también diferentes.

En cuanto al medio ambiente y a la gestión de los recursos hídricos, las leyes y regulaciones, están siendo sometidas a un proceso amplio y plural de revisión y modernización, a los fines de alcanzar un consenso en cuanto a criterios, líneas estratégicas y marcos jurídicos orientados a mejorar una gestión hoy día dispersa e inadecuada a las necesidades y exigencias.

A continuación se citan las principales instituciones, leyes y reglamentaciones vigentes que tienen incidencia directa en la producción agrícola con aplicación del riego.

1. Ley 80 (1992) establece la estructura organizativa y funcional del MAG.

Establece que el MAG, es la institución dependiente del poder ejecutivo cuya funciones y competencias están relacionadas al ámbito agrario en materia de diseño e implementación de políticas. El MAG cuenta con la DIA encargada de la generación y transferencia de tecnología y la DEAg encargada de la difusión y la extensión agrícola.

2. Código Civil (Ley 1.183/1985).

Establece que las aguas superficiales son de dominio público.

3. Código Rural (Ley 1248/1931).

Establece el régimen legal, condiciones y procedimientos para el aprovechamiento de las aguas públicas en las áreas rurales.

4. Ley Orgánica Municipal (Ley 1.294/1987).

Establece las funciones de las municipalidades, entre ellas las de medio ambiente y ordenamiento territorial. Conformar comisiones para la protección de los recursos naturales.

5. Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Ley 294/1993).

Establece como obligatorio que toda modificación del medio ambiente provocada por actividades humanas que tengan como consecuencia negativa o positiva, directa o indirecta, afectar la vida en general, la biodiversidad, la calidad o una cantidad significativa de los recursos naturales o ambientales y su aprovechamiento, el bienestar, la salud, los hábitos y costumbres, el patrimonio cultural y los medios de vida legítimos deberán contar con una evaluación de impacto ambiental.

En la actualidad, es la SEAM la encargada de velar por el cumplimiento de esta ley.

6. Ley de los Recursos Forestales (Ley 542/1995)

Establece que es de interés social el aprovechamiento y el manejo racional de los bosques y tierras forestales.

Establece que es obligación del Estado y deber de los ciudadanos/as, la protección y cooperación para el cuidado de las cuencas. Establece como zona protectora de los cuerpos de agua, una distancia de 100 m de sus márgenes.

Prohíbe el vertido de aguas o elementos capaces de degradar la calidad del agua y suelos adyacentes. Así también, que las actividades productivas tienen la obligación de proteger las nacientes, fuentes y cauces naturales. Fija la necesidad de mantener por lo menos 25 % de los bosques naturales en propiedades privadas.

7. Ley de Penalización de Delitos Ambientales (Ley 716/1996).

Tipifica los delitos ambientales, que conforme a su gravedad podrán tener sanciones hasta de 10 años de reclusión. Considera delito la alteración del régimen de las fuentes o cursos de agua sin autorización previa y el vertido de efluentes o desechos no tratados de conformidad a las normas.

8. Ley 1.561/2000. Crea la Secretaría del Ambiente y el Consejo Nacional del Ambiente del Paraguay. Reglamentada por Decreto 10.549/2000.

Crea la SEAM, establece las normativas que serán ejecutadas por la Secretaría, las funciones y atribuciones de la misma. Por la misma se constituye en el Órgano del Gobierno Responsable de la Política Ambiental del Paraguay, creándose en su interior, la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos.

9. Resolución N° 170/2006 (SEAM). Sobre los Consejos de Agua por Cuencas Hídricas.

Con el objeto de contar con una herramienta para la gestión integrada y participativa del recurso agua y tomándose a la cuenca hidrográfica como unidad de pla-

nificación establece la conformación de los Consejos de Agua por cuenca, como órganos regionales de carácter deliberativo y normativo.

10. Ley N° 3.239/2007.De Recursos Hídricos del Paraguay.

Tiene por objeto regular la gestión sustentable e integral de todas las aguas y los territorios que la producen, cualquiera sea su ubicación, estado físico o su ocurrencia natural dentro del territorio paraguayo, con el fin de hacerla social, económica y ambientalmente sustentable para las personas que habitan el territorio de la República del Paraguay.

6.5. Situación actual del riego y drenaje

El riego es una práctica poco desarrollada en la agricultura del Paraguay. Está difundida en la región Oriental y se realiza a partir del aprovechamiento de las aguas superficiales (ríos y arroyos) y subterráneas (pozos artesianos).

En la región Occidental existen proyectos recientes implementados en la zona central (colonias de población menonita), utilizándose para la producción de hortalizas, algodón y frutales. En estos casos la totalidad del agua utilizada para el riego es proveniente del agua colectada de las lluvias.

La superficie total irrigada en el país se estima en alrededor de 51.000 hectáreas (Tabla 1), registrándose la mayor concentración en el cultivo del arroz con 42.000 (2007) hectáreas irrigadas por inundación, con agua de fuentes superficiales y las restantes corresponden a cultivos de caña de azúcar, kaá heé, pasturas y reciente-

mente en cultivos extensivos como soja, maíz y algodón con sistemas de aspersión.

En el caso de las hortalizas se utiliza el riego por goteo o por aspersión con utilización de agua subterránea a través de la perforación de pozos artesianos.

Pero la forma más difundida en las hortalizas, y que ocupa a las fincas familiares, es un sistema de aplicación de agua poco tecnificado (rudimentario) que consiste en bombear agua subterránea y aplicarla manualmente por medio de mangueras.

La formación de recursos humanos es muy pobre y en consecuencia el número de técnicos y especialistas en riego es bajo e insuficiente. La principal causa de esta situación es que, tanto en los colegios agrícolas donde se forman mandos medios como en las Universidades, públicas o privadas; el riego y drenaje no se abordan con la importancia requerida en los programas de estudios, es una excepción la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) de la Universidad Nacional de Asunción (UNA) que posee dentro de la carrera de ingeniería agronómica una orientación en ingeniería agrícola, esta orientación aún cuenta con un bajo número de egresados y de estos muy pocos se han insertado laboralmente al área del riego y el drenaje.

En la actualidad son tres las instituciones que cuentan con especialistas en riego en sus nóminas de trabajo. La FCA de la UNA, cuenta con dos docentes investigadores y cinco especialistas que se desempeñan como catedráticos. En la DIA del MAG, tres especialistas brindan asesoramiento técnico, pero no realizan investigación por debilidades institucionales. Por último, en la Universidad Nacional de Pilar (UNP) cuenta con un especialista como docente.

Tabla 1. Paraguay – Estimación de la Superficie irrigada, cultivos y sistemas de riego utilizados

Tipo / Sistema	Cultivo	Superficie/Irrigada (Hectáreas)	% de la superficie cultivada en el país
Superficial / inundación	Arroz	42.000	93 %
Pívot central / Cañón.	Algodón, Soja, Maíz, Caña de azúcar	4.000	0.1 %
Aspersión convencional	Kaa Hee	300	23 %
Aspersión / convencional / Micro aspersión / Goteo	Hortalizas	2.000	33 %
Rudimentario	Hortalizas	3.000	50 %
Total		51.300	1.5 %

Fuente: Elaborado en base a consulta personal a FCA/UNA, MAG y empresas proveedoras de equipos (datos campaña 2007/2008).

Tabla 2. Paraguay. Número y nivel académico de especialistas en riego ocupados en el sector público y académico

Institución	Grado Académico	Nivel de Capacitación	Número
FCA – UNA FCA – UNA FCA – UNA	PhD	Especialización	1
	MSc	Especialización	4
	Ing. Agrónomo	Especialización	2
FCA – UNP	MSc.	Especialización	1
DIA – MAG DIA – MAG	PhD	Especialización	1
	Ing. Agrónomo	Especialización	2
DEAg – MAG	Ing. Agr. / Técnico	Curso de Capacitación	25

Fuente: Elaborado con datos de la FCA, DIA y DEAg.

La DEAg es la encargada de la extensión agrícola, para esta labor cuenta con un plantel de técnicos que dentro del servicio han recibido capacitaciones con diversos niveles de profundidad en riego y drenaje, pero no cuenta con especialistas en la materia.

Los servicios técnicos de mayor especialización en riego y drenaje, para productores, la provisión de equipos y materiales, diseño e implementación de sistemas, son suministrados por empresas privadas que operan en el mercado interno, en total se conocen seis empresas dedicadas a este ramo. La Dirección de Extensión Agraria (DEAg) de MAG complementa estos servicios orientando los aspectos agronómicos para el manejo de la producción y la organización de los productores.

6.6. Investigación y desarrollo

En la actualidad, es la FCA de la UNA la única institución que realiza trabajos de investigación y desarrollo tecnológico en áreas relacionadas al riego y el drenaje. Los trabajos realizados y en ejecución corresponden a estudios de casos y tesis de grado realizados por los estudiantes de la orientación en ingeniería agrícola de la carrera de ingeniería agronómica. Estos están distribuidos en tres sub áreas y nueve líneas de investigación (Tabla 3).

En el ámbito del MAG no se cuenta con dependencia alguna que tenga como actividad la investigación en riego y drenaje para cultivos agrícolas, excepto el arroz de irrigado. Cuenta con un programa de agrometeorología y una unidad de control de riesgos (UCR), ambos se dedican a la generación y divulgación de información climatológica.

Tabla 3. Paraguay. Sub áreas y líneas de investigación en riego y drenaje de la FCA UNA

Sub-Área	Línea de investigación
Hidráulica	Hidráulica de equipamientos y sistemas de riego
	Evaluación de equipos y sistemas
Ingeniería de agua y suelo	Agua en el suelo
	Fertirriego
	Evapotranspiración
	Rendimiento de los cultivos bajo riego
	Manejo de suelos
Hidrología y Drenaje	Drenaje
	Hidrología

Fuente: FCA – UNA, Orientación en Ingeniería Agrícola.

6.7. Vacíos y desafíos tecnológicos

En Paraguay es necesario el consenso institucional para el aprovechamiento y la gestión de los recursos naturales por un lado y por otro, para la modernización y adecuación a las necesidades actuales, desarrollo y transferencia tecnológica, la cual se encuentra en situación de rezago y con debilidades para incorporar nuevos programas en la temática del riego.

Además, el país requiere de la formulación de políticas de fomento y apoyo a la producción agrícola con la aplicación del riego como una herramienta que permite superar limitaciones hídricas que hoy día se traducen en

una oferta estacional de productos del sector agrícola y ganadero. También, que permite el aumento de la productividad y mejora de la calidad de los productos.

La importancia que adquiere el riego es mayor cuando se analizan las perspectivas y la incertidumbre para la producción agrícola que genera el fenómeno denominado cambio climático.

Por otro lado, para superar limitaciones de carácter tecnológico en la aplicación del riego en el Paraguay se requiere:

- Aumentar el capital humano, para mejorar la capacidad de investigación y desarrollo de tecnologías, la transferencia y la difusión.
- Implementación de proyectos para la dotación de la infraestructura de riego necesaria en diferentes zonas del país para el aprovechamiento de los recursos existentes y el crecimiento de la frontera agrícola con aplicación de herramientas de producción e información que permitan mayor eficiencia y sostenibilidad.

6.8. Financiamiento de la investigación en riego y drenaje

Existen programas y líneas de financiamiento, tanto locales como externas para la investigación y el desarrollo, pero el aprovechamiento es prácticamente nulo debido a la falta de una cultura de riego, debilidades institucionales y baja disponibilidad de recursos humanos.

6.9. Conclusiones

El Paraguay es un país de producción agropecuaria que cuenta con aguas superficiales y subterráneas, con un régimen pluvial aprovechable, condiciones edafológicas muy favorables y un importante potencial de desarrollo por su disponibilidad de recursos naturales.

A pesar de la abundancia en recursos, por la mala distribución geográfica de las precipitaciones, existen zonas que requieren del riego complementario para la expansión de la frontera agrícola aprovechando los microclimas favorables.

La aplicación del riego en Paraguay es incipiente, debido a que impera la cultura de realizar la producción agropecuaria en condiciones de dependencia exclusiva de las condiciones climáticas y de la explotación del recurso suelo, como una de las principales fuentes de su competitividad, pero la oferta agrícola ganadera resulta estacional y, en muchos rubros agrícolas, deficitaria para el mercado interno.

Otro aspecto que afecta la aplicación del riego son las debilidades institucionales para la generación, transferencia y difusión tecnológica, así también, para una mejor gestión de los recursos hídricos. Se constata la falta de principios y políticas específicas para el desarrollo y aplicación sustentable de riego en la agricultura del país, aunque se avizoran cambios positivos con la próxima implementación de la Ley de Recursos Hídricos del Paraguay y a mediano plazo con la modernización de la estructura organizativa del MAG que se encuentra en fase de aprobación.

SITUACIÓN DEL RIEGO EN URUGUAY

7.1. Introducción

La superficie del territorio uruguayo es de 176215 km² y su población total es de 3.300.000 habitantes. El relieve es suavemente ondulado, con una elevación máxima de 514 m sobre el nivel del mar. El clima es templado, sin grandes oscilaciones, con una precipitación media anual de 1100 mm en el sur del país y 1300 mm en el norte; aunque no existe temporada marcada de lluvias. Las temperaturas medias anuales del aire son 16°C al sureste y 20°C en el noroeste.

Los sistemas de producción agropecuarios de nuestro país son altamente dependientes del régimen de precipitaciones. Durante el verano, y en condiciones promedio, el contenido de agua disponible de los suelos no llega a satisfacer la demanda de los cultivos. Así se verifican frecuentemente impactos negativos en la producción de cultivos anuales y perennes. Por un lado se constata una mayor frecuencia de eventos extremos, tanto por la incidencia del cambio climático, como por la identificación de variaciones erráticas en las precipitaciones en cortos períodos de tiempo. Por otro lado, el país está frente a un escenario de intensificación de la producción lo que genera un aumento de las necesidades de agua por unidad de área. Esto último es resultado de una alta presión y competencia entre rubros por el uso de la tierra.

Para mejorar el uso y manejo del agua en los sistemas de producción es necesario en primer lugar cuantificar el impacto de las prácticas de manejo de suelos sobre la infiltración y la capacidad de almacenamiento de agua total en el perfil del suelo. Una vez identificadas las restricciones que determinan una baja eficiencia de uso del agua, el riego suplementario aplicado a los diferentes sistemas de producción puede ser de gran ayuda tanto para atenuar las crisis en años de sequía como para estabilizar e incrementar la producción por hectárea.

7.2. Recursos hídricos

En la Figura 1 se presentan las cuencas hidrográficas de Uruguay y en la Tabla 1 se observa el tamaño de cada una

de las mismas potencialmente aprovechables por nuestro país, ya que toda la cuenca hidrográfica de cada uno de los ríos mencionados abarca una superficie mucho mayor si se suma lo perteneciente a Argentina y Brasil.

Figura 1. Cuencas Principales y estaciones hidrométricas

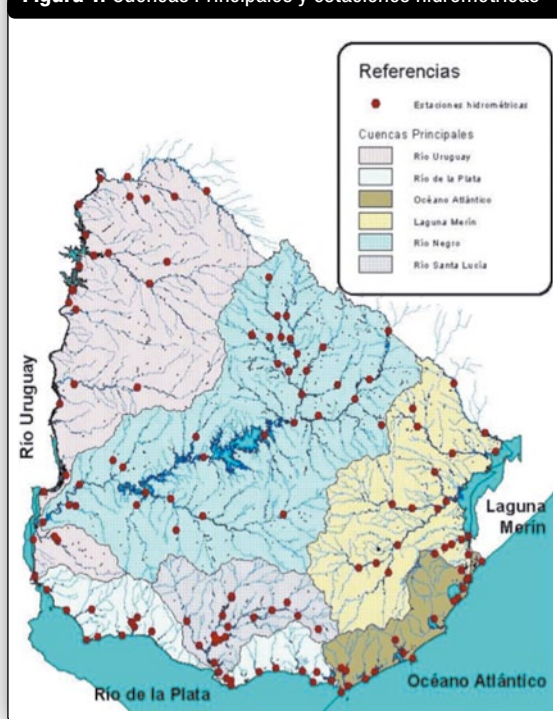


Tabla 1. Superficie por cuenca

CUENCA	ÁREA (Km ²)
RÍO URUGUAY	45.860
RÍO DE LA PLATA	12.780
O. ATLANTICO	8.480
LAGUNA MERÍN	28.950
RÍO NEGRO	68.140
RÍO STA LUCIA	13.310

Fuente: Ing. Miguel De Castro DNH-MTOP. 2006.

7.3. Regiones hidrográficas

La Figura 2 presenta la superficie por región, en que está dividido el país para el estudio del censo y la distribución de la población en cada una de esas regiones. Se observa la mayor concentración de la población en el sur del país, lo que coincide con la ubicación de la capital (Montevideo), y de algunas otras ciudades con mayor población del país.

De acuerdo a las estimaciones de la Dirección Nacional de Saneamiento y Aguas (DINASA), del total del agua de lluvia que cae en el territorio uruguayo solo es aprovechado el 5%. El resto de ese escurrimiento (95%) se vuelca naturalmente en el océano Atlántico. La Figura

3 muestra la distribución en el uso del agua, donde se observa que la producción de arroz es la que hace un mayor uso del agua, le sigue el consumo humano (10% aproximadamente) y los otros cultivos (hortifrutícolas principalmente) que son casi un 4%, mientras que en la actividad industrial el uso es muy bajo.

Si bien el territorio es suavemente ondulado, presenta en muchas áreas condiciones para la realización de embalses de agua. El bombeo de agua directamente de ríos y arroyos también es una práctica importante debido a los caudales existentes y a la calidad del agua. En las Figuras 4 y 5 son presentados los destinos que tiene el agua en el país, tanto el agua embalsada como el agua que se toma directamente por bombeo. El riego en Uruguay depende

Figura 2. Superficie y población por región

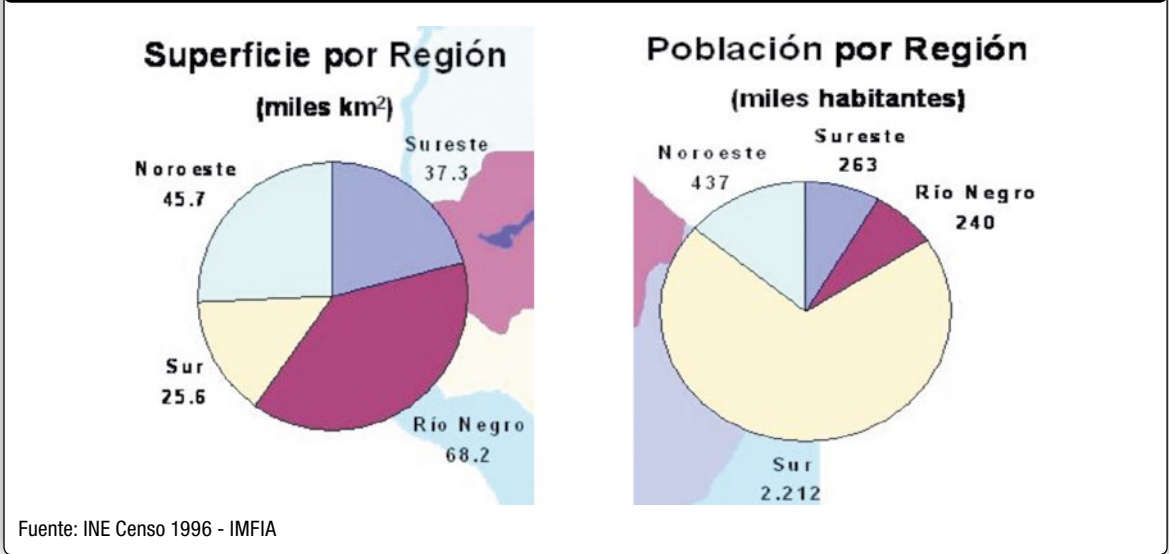


Figura 3. Composición del uso del agua por destino

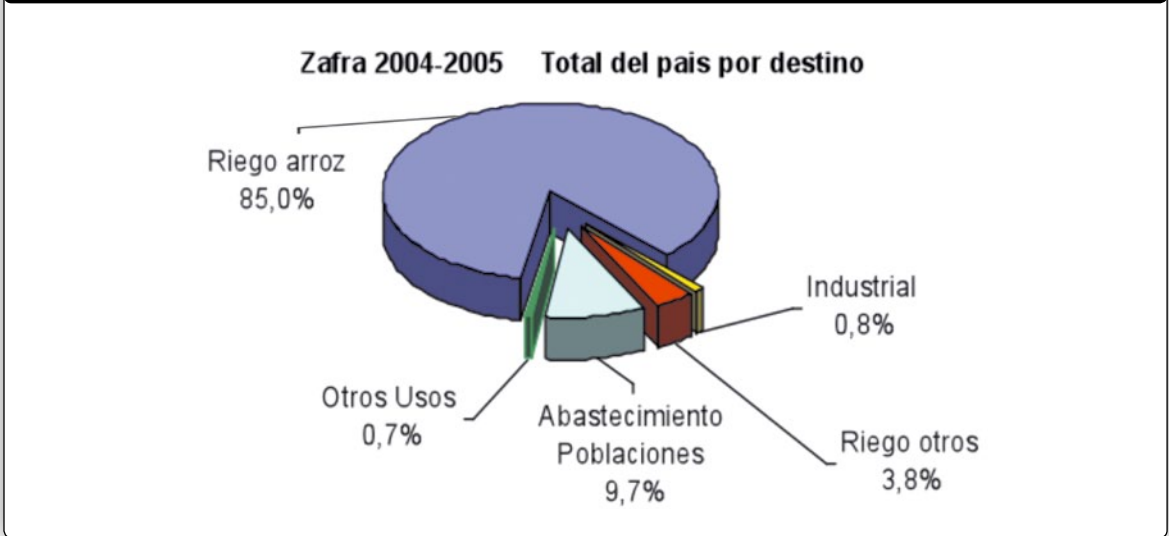


Figura 4. Destino del agua embalsada (excluyendo hidroeléctricas)

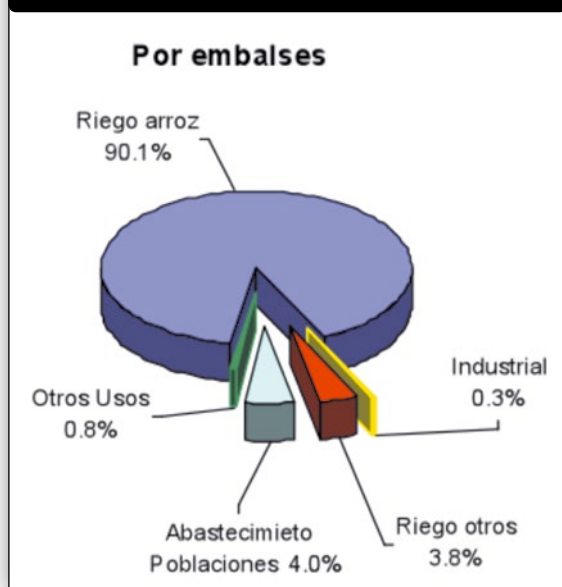


Figura 5. Composición del agua por extracción directa



fundamentalmente de los recursos hídricos superficiales; la variación frecuente en los caudales y niveles de agua de los ríos hace que sean necesarias obras de almacenamiento y regulación o sistemas de bombeo para asegurar el suministro de agua.

La totalidad del arroz en Uruguay se riega a partir de aguas superficiales, para lo que es necesario un 60% de bombeo mientras que el resto del área regada se realiza por gravedad. Aproximadamente el 50% de la superficie bajo riego dedicada a cultivos hortícolas y frutícolas utiliza aguas subterráneas, siendo el acuífero Raigón en la región sur y el acuífero Salto en la región norte, los más utilizados.

7.4. Acuíferos

Los principales acuíferos que presentan buenas condiciones para su explotación y calidad de aguas son: Tacuarembó (Guaraní), Raigón, Salto y Mercedes. El primero, situado en la parte noroeste, es el más importante del país en extensión (aproximadamente 42000 km²), aunque la profundidad a la que se encuentra, que supera en general los 500 m, hace poco viable económicamente su uso con fines de riego en el marco del mercado actual. El acuífero Guaraní es compartido con los demás países integrantes del Mercosur: Argentina, Brasil y Paraguay. Dada la importancia que representa para la región, se está elaborando el "Proyecto para la Protección Ambiental y el Manejo Sostenible Integrado del SAG", que será financiado por el GEF, con el apoyo del BM y la OEA.

El acuífero Raigón está ubicado al suroeste del país en la cuenca del río Santa Lucía. Estratégico como fuente de abastecimiento de agua potable por su ubicación cercana a la capital, y por una importante actividad agrícola, ganadera y lechera. Es utilizado también con fines de riego de una importante zona productora de papa y de cultivos extensivos (maíz y sorgos forrajeros). El acuífero Salto, ubicado al noroeste del país, está ampliamente utilizado para el riego de hortalizas de primor. El acuífero Mercedes en el litoral oeste del país, no se emplea en la actualidad para el riego aunque presenta un buen potencial.

7.5. Marco legal

El Código de Aguas de 1978, establece atribuciones y responsabilidades del Poder Ejecutivo para administrar las aguas del país, en lo relativo a su cantidad y calidad. En el Código se indican los principios generales en materia de dominio de aguas, señalándose la obligación del Estado a disponer de un inventario de los recursos hídricos y a su apreciación. También la normativa se expresa sobre el registro de los derechos al uso de aguas, el dominio de las aguas, las servidumbres en materia de aguas, obras de defensa y mejoramiento y disposiciones administrativas.

En 1990 fue creado el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) que tiene como uno de los cometidos el estudio del Impacto Ambiental y la Calidad de Aguas.

En la siguiente Figura (6) se muestra los actores que intervienen en la gestión del agua en Uruguay.

las divisiones de los ministerios la DRH, que hasta el año pasado pertenecía al Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTOP), hoy se encuentra dentro de la Dirección Nacional de Aguas y Saneamiento (DINASA/MVOTMA). La DINASA tiene, entre sus competencias, que realizar propuestas normativas para el uso y desarrollo sostenible del agua. También otorga derechos de aprovechamiento de aguas y aprueba las obras hidráulicas respectivas. Así como controla el cumplimiento de la normativa vigente y condiciones impuestas, propone la aplicación de sanciones, arbitra medidas de conciliación entre usuarios, inscribe los derechos en el Registro Público de Aguas, realiza estudios y lleva el inventario de los recursos hídricos.

El Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), a través de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DGRNR), gestiona el uso del suelo lo que procura su conservación, aprueba los planes de usos de

Figura 6. Actores que intervienen en la gestión del agua

```
graph TD
    PE[PODER EJECUTIVO (OPP)] --> MT[MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS]
    PE --> MV[MINISTERIO DE VIVIENDA ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE]
    PE --> MGA[MINISTERIO DE GANADERIA AGRICULTURA Y PESCA]
    PE --> MIE[MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA]
    
    MT --> DNH[Dirección Nacional de Hidrografía DNH]
    MV --> DNMA[Dirección Nacional de Medio Ambiente DINAMA]
    MGA --> REN[Recursos Naturales y Renovables RENARE]
    MIE --> DAST[DINAMIGE Aguas Subterráneas]
    
    DNH --> CA[CANTIDAD DE AGUAS]
    DNMA --> CA
    DNMA --> CL[CALIDAD DE AGUAS]
    REN --> CL
    REN --> UMAS[USO Y MANEJO DE LAS AGUAS Y SUELOS]
    DAST --> UMAS
    
    CA --- JRG[JUNTAS DE RIEGO]
    CL --- JRG
    UMAS --- JRG
    
    JRG --> OSE[OSE Agua Potable y Saneamiento]
    JRG --> IM[Intendencia Municipal Montevideo Saneamiento Urbano]
    JRG --> UTE[UTE Administración de Presas Hidroeléctricas]
    JRG --> TD[Titulares de Derechos de uso para Riego]
    JRG --> PT[Propietarios de tierras]
    JRG --> I[Industrias Titulares de derechos de uso de extracción y vertido]
    
    OSE --- NU[NIVEL USUARIOS]
    IM --- NU
    UTE --- NU
    TD --- NU
    PT --- NU
    I --- NU
    
    NU --> PUB[PUBLICOS]
    NU --> PRIV[PRIVADOS]
```

El diagrama ilustra la estructura de gestión del agua en Uruguay, organizada en niveles y competencias.

NIVEL ADMINISTRACIÓN: El Poder Ejecutivo (OPP) dirige cuatro ministerios: Transporte y Obras Públicas, Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, Ganadería, Agricultura y Pesca, e Industria y Energía.

COMPETENCIAS: Los ministerios delegan funciones en direcciones nacionales: DNH (Hidrografía), DINAMA (Medio Ambiente) y RENARE (Recursos Naturales y Renovables). DINAMIGE (Aguas Subterráneas) depende directamente del Ministerio de Industria y Energía.

ESPACIOS DE PARTICIPACIÓN: Las competencias se agrupan en tres áreas clave: Cantidad de Aguas, Calidad de Aguas y Uso y Manejo de las Aguas y Suelos. Estas áreas convergen en las Juntas de Riego.

NIVEL USUARIOS: Las Juntas de Riego interactúan con usuarios públicos (OSE, IM, UTE) y privados (Titulares de Derechos de uso para Riego, Propietarios de tierras, Industrias).

suelos y aguas para riego, asociados a los aprovechamientos hidráulicos (embalses, tomas, pozos, etc.) gestionados por la DNH.

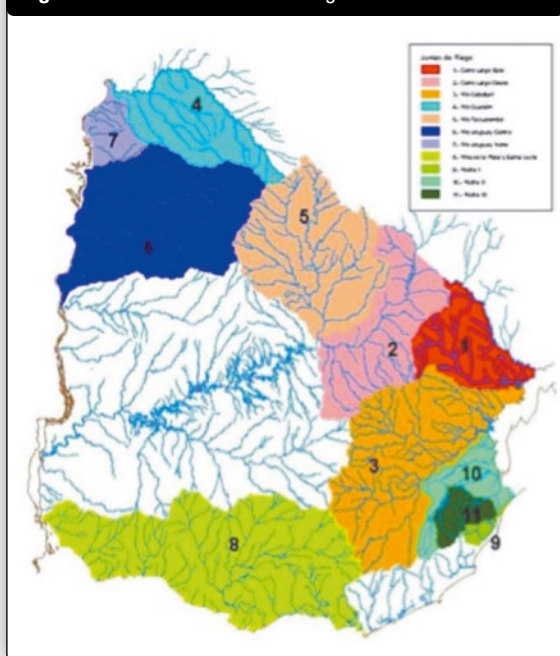
La Dirección Nacional Minería y Geología (DINAMIGE) interviene en la gestión de aprovechamientos de aguas subterráneas, realizando estudios, regulando perforaciones, en estrecha relación con la DRH.

Desde el año 1970 a la fecha se han establecido 11 Juntas de Riego (Figura 7) con jurisdicción en la mayor parte del territorio. La participación integrada de los organismos públicos competentes (MTOP y MGAP) y del sector privado directamente interesado ha permitido una mejora notoria en la administración de los recursos hídricos disponibles.

El ámbito regional, en el cual los integrantes públicos y privados residen y concentran su actividad, ha permitido una descentralización y participación local creciente y la aplicación cada vez más efectiva de los principios y leyes vigentes.

La creación de las Juntas Regionales de Riego se debió a que los caudales de estiaje en algunos cursos de agua no eran suficientes para abastecer a los regantes establecidos y que en años secos se habían provocado conflictos e inconvenientes que no habían sido solucionados en forma adecuada y oportuna. Se consideraba que la experiencia de los propios regantes podía contribuir a identificar y aplicar las medidas más adecuadas para atender dichos problemas. Las Juntas Regionales Asesoras de Riego fueron incluidas en la ley de riego del año 1997.

Figura 7. Ubicación Juntas de Riego



7.6. Calidad de aguas

En general no existen problemas de calidad de aguas (GWP Uruguay, 2002). Sin embargo a medida que se van desarrollando más áreas de riego o se intensifica el uso del agua debido a eventos de sequía más prolongados se han detectado algunos problemas de salinidad por sodio en algunos casos y aumento de los valores del pH en otros. Hasta el presente, como el porcentaje de área bajo riego del total del área destinada a la actividad agropecuaria es bajo, las lluvias y las características de nuestros suelos han enmascarado el problema, pero sin dudas es un tema que preocupa ya que se debe cuidar al máximo la calidad del agua porque en general son procesos irreversibles.

Entre los casos más destacables de degradación de la calidad, están los cursos urbanos de la ciudad de Montevideo, su bahía, el polo industrial de Paysandú, el río Cuareim fronterizo con Brasil y cursos menores afectados temporalmente por descargas localizadas de industrias. Son menos los conflictos debidos a actividades agropecuarias, la mayoría de los cuales están relacionados con la actividad lechera.

7.7. Desarrollo del riego en Uruguay

La precipitación media anual en el país es de aproximadamente 1100 mm, existen períodos donde la demanda (evaporación) supera a las precipitaciones, ocurriendo déficit hídricos, en algunos casos importantes, especialmente en los meses de la primavera y verano. La agricultura en Uruguay es mayoritariamente realizada en secano, a excepción del arroz, caña de azúcar y la producción intensiva de hortalizas y frutales. En el caso de los frutales de hoja caduca y cítricos, el riego es considerado como una herramienta necesaria para asegurar la productividad y la calidad demandada por los mercados locales y de exportación. Las Tablas 2 y 3 fueron elaboradas a partir de los datos del MGAP (DIEA, 2008) donde se muestran las áreas totales ocupadas con los diferentes cultivos y las áreas destinadas a riego para cada uno de los mismos.

La superficie bajo riego ha crecido desde 52.000 hectáreas en 1970 a 110.000 hectáreas en 1986 y más de 155.000 hectáreas en 1992. En la zafra 2008-09, sólo la superficie regada de arroz alcanzó las 180.000 hectáreas. En los últimos años también se ha producido un aumento en la superficie de riego en frutales, cítricos, cultivos hortícolas no tradicionales y cultivos de verano (principalmente maíz y sorgo).

La producción de frutales, tanto de secano como bajo riego, se concentra casi exclusivamente en la zona sur,

Tabla 2. Área bajo riego por cultivo

Cultivo	Ha/ Regadas	%
Arroz	180.000	85.6
Maíz	3.811	1.8
Hortalizas	10.800	5.0
Cítricos	7.565	3.6
Viñedos	1.561	0.7
Pasturas	817	0.4
Frutales de hoja caduca	3.838	1.9
Papa	2.000	1.0
Total	210.392	100

Tabla 3. Área regada de cada cultivo del total cultivada (2008-09)

Cultivo	Ha/Regadas	Total	%
Arroz	180.000	180.000	100.0
Maíz	3.811	85.000	4.5
Hortalizas	10.800	12.000	90.0
Cítricos	7.565	16.096	47.0
Viñedos	1.561	8.700	17.9
Pasturas	817	81.612	1.0
Frutales hoja caduca	4.524	7.800	58.0
Papa	2.500	7.000	35.7

Tabla 4. Número de explotaciones por sistema de riego

Cultivo	Surco y/o Inundación	Aspersión	Goteo	Otros	Total
Arroz	634	0	0	0	634
Maíz	47	39	0	9	95
Hortalizas	950	1.694	2.144	167	4955
Cítricos	31	25	170	2	228
Viñedos	78	14	259	8	359
Pasturas	55	111	0	56	222
Frutales	93	102	381	16	592

Tabla 5. Número de explotaciones por tipo de sistema de riego

Sistema Riego	Número	%
Individual	4.837	86.3
Colectiva	771	13.7
Total	5.608	100

fundamentalmente en los departamentos de Canelones, San José y Montevideo. Las áreas citricolas bajo riego se concentran principalmente en los departamentos de Salto y Paysandú (norte del país) y en el sur (departamentos de Canelones y San José). En la región norte del país (Salto principalmente) hay alrededor de 600 hectáreas dedicadas a hortalizas (maíz dulce, brócoli, coliflor, tomate, morrón, etc.), y un área menor dedicado a cultivos protegidos (aproximadamente 150 hectáreas de invernáculos). En Artigas hay aproximadamente 90 hectáreas de invernáculos, y cerca de 3.000 hectáreas dedicadas al cultivo de caña de azúcar para la producción de alcohol, donde el riego se realiza por surcos.

En las Tablas 4 y 5 se presentan para cada cultivo el número de explotaciones por sistema de riego utilizado y la cantidad de situaciones productivas (independientemente del cultivo) que utilizan sistema de riego individual o colectivo en el país.

7.8. Avances, vacíos tecnológicos y desafíos en investigación

7.8.1. Hortifruticultura.

La cantidad de técnicos investigadores y profesores al presente involucrados en trabajos de riego en el área intensiva se considera suficiente, ya que existe una fuerte complementación de los trabajos experimentales bajo riego con la cátedra de hidrología de la Facultad de Agronomía. Si bien hay disponible información nacional para las principales hortalizas cultivadas (cebolla, papa, tomate, maíz dulce) y para peral, duraznero y manzano, se debería poner más énfasis en el uso del agua de algunos cultivos que solamente se cuenta con resultados parciales de la experimentación. Por otra parte se requie-

riría un mayor desarrollo de la programación del riego de manera de lograr mayor aplicación de los resultados de la investigación a nivel de la producción. Se está comenzando a trabajar en el manejo del agua en los cultivos de arándanos y olivos debido al importante desarrollo de estas dos especies en los últimos años en el país. Se necesita ajustar el manejo del riego a nivel predial para mejorar la eficiencia de aplicación del agua, acompañado de un adecuado manejo del cultivo y el suelo. Temas relacionados a lo anteriormente mencionado son la sistematización de chacras y la mejora del drenaje de los suelos. La búsqueda de mayor sostenibilidad en la producción exige el uso más racional posible de los recursos naturales y una mayor precisión en las prácticas productivas. En el caso de los sistemas frutícolas actuales no se pueden concebir producciones sin el uso de riego y la aplicación de éste debe basarse en parámetros objetivos y técnicas ajustadas. En el presente se disponen de herramientas tecnológicas al alcance del productor, que lo apoyan en la toma de decisión.

7.8.2. Citrus

El Programa Citricultura de INIA y la Facultad de Agronomía han trabajado en diseño de sistemas de riego para este rubro, desarrollo de bulbos de mojado en suelos estratificados, balances hídricos y coeficientes de cultivo (kc).

Se dispone de información nacional sobre el riego suplementario aplicado a los citrus en diferentes momentos y etapas del ciclo de vida de la planta. Se debería comenzar a trabajar con las nuevas variedades de manera de generar información de riego para cada una de las mismas. Existe la necesidad de generar un paquete integrado de manejo (suelo-agua-nutrientes-sanitario). En el caso de la interacción del riego con el ambiente estudios sobre el impacto en el suelo, lavado de nutrientes, contaminación de fuentes subsuperficiales y salinidad son necesarios.

7.8.3. Arroz

La investigación de arroz está fundamentalmente vinculada a INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). Los nuevos desafíos determinan la necesidad de integración con disciplinas desarrolladas en otras instituciones (químicos, biólogos, ingenieros, etc.). Entre los logros en materia de experimentación se podrían mencionar la determinación del uso eficiente del riego teniendo en cuenta la interacción del recurso hídrico con las otras variables de manejo como son el control de malezas, la aplicación de nutrientes, las enfermedades, las oportunidades de cosecha del cultivo para las variedades de mayor uso en el país. Estudios realizados durante varios años permitieron determinar: momento óptimo de inundación, altura de lámina de riego, momento de retiro de agua, efectos

de la deficiencia del riego en las diferentes etapas fenológicas para las variedades de mayor uso en el país. Cuantificación de las necesidades de riego a nivel comercial (consumo de agua) que permiten estimar el área a sembrar de acuerdo a los niveles de agua disponible.

Se han comenzado trabajos que evalúan la interacción entre riego y ambiente, tendientes a cuantificar la residualidad de los agroquímicos utilizados en diferentes manejos de riego, tanto a nivel de parcela como a nivel de cuenca.

Se está estudiando evaluar esquemas de riego no tradicionales, como puede ser el riego intermitente en busca de lograr la mayor productividad por unidad de recurso utilizada.

Aproximadamente el 50% del área regada de arroz proviene de represas, lo cual determina cantidades fijas de recurso hídricos, por lo que es necesario evaluar alternativas que no necesariamente busquen el mayor potencial productivo de arroz, sino la mayor eficiencia del producto por unidad de recurso utilizado. Esto habilita toda una línea de trabajo referente a buscar el logro de los mayores niveles de productividad con el menor uso de agua posible. Lo que hasta el momento era impensable de concebir, en el sentido de no alterar la potencialidad de la expresión del mayor rendimiento por incidencia de factores hídricos, en un escenario de agua limitada puede darse situaciones que el manejo más adecuado sea aquel que si bien no permite alcanzar ese rendimiento potencial sí permita regar la mayor área posible.

Estudios de consumo de agua en las diferentes regiones del país (evapotranspiración, infiltración y pérdidas laterales), de manera de cuantificar la eficiencia real de los sistemas entendida como la relación entre el agua aplicada y el agua necesaria para cubrir la demanda, se deberían comenzar, así como el desarrollo de tecnologías de medición de consumo de agua de fácil aplicación a nivel comercial.

7.9. Conclusiones

Ante un escenario futuro de creciente variabilidad climática (Baethgen, 2009) al que se agregan predicciones de un aumento de la temperatura media y por ende mayor demanda atmosférica, el riego parece ser una forma correcta de suplir estas deficiencias de forma efectiva, como riego suplementario (regando en los períodos fenológicos críticos) o como riego total (regando durante todo el ciclo del cultivo). El éxito en la aplicación de esta práctica estará ligado a otros factores como la adopción de tecnología en cultivares más productivos, fertilización, densidad de plantas y a una visión integral en el uso y

gestión del agua y los recursos naturales. En el caso de Uruguay el riego suplementario debe ser tomado como una herramienta para aumentar y/o estabilizar la producción de los sistemas a través de una reducción de la vulnerabilidad de los mismos a las variaciones en el régimen de precipitaciones.

La investigación en Uruguay en materia de riego ha tenido un desarrollo heterogéneo en función de los rubros productivos y ha estado más fuertemente ligada a la producción horti-frutícola, citrus y arroz, con fines de exportación. En el caso de cultivos extensivos y pasturas ha sido discontinua y con el objetivo principal de determinar la respuesta al agua para algunas especies como maíz y algunas forrajeras.

El impacto que puede tener esta práctica de manejo debe ser considerado sobre el sistema de producción en su

conjunto. Esto implica estudiar el diseño de las secuencias hoy realizadas en sistemas bajo secano, su eficiencia en el uso del agua y cambiar los sistemas cuando la restricción del factor agua es parcialmente levantada. Uruguay enfrenta al igual que otros países de la región un proceso de intensificación en el uso de la tierra que determina la necesidad de aumentar y mantener los niveles de producción de los cultivos. El riego suplementario permitiría mejorar la rentabilidad y estabilidad de los sistemas de producción. Se debe trabajar en la integración de todos los factores que componen la ecuación de producción, considerando diferentes escenarios climáticos con determinada probabilidad de que ocurran.

Dada la importancia que este tema tiene para el desarrollo del riego en los países que constituyen el PROCISUR, se ha considerado hacer un planteamiento general, con la información aportada por cada uno de ellos.

RECURSOS HUMANOS EN TEMAS DE RIEGO EN LOS PAÍSES DEL CONO SUR

Los seis países de la Plataforma cuentan con Universidades que imparten la carrera de agronomía en sus aulas, dándoles la posibilidad a los estudiantes de adquirir conocimientos y formación en riego, a través de líneas de especialización o bien a través de tesis de grado. No existe en ninguna de ellas la carrera de ingeniero en riego. En el caso de la Universidad de Concepción, en Chile, se imparte la carrera de ingeniería civil agrícola, la cual tiene como especialidad la línea de riego y drenaje.

Un hecho constatable en todas las Universidades es que muy pocos estudiantes optan por esta especialización; paradójicamente por el escaso campo laboral que tendrían; sin embargo, ello no se condice con la necesidad de disponer de tales profesionales para enfrentar los desafíos del manejo del agua a nivel de cuenca y predial. Tal situación cobra mayor importancia con el desafío que implica el manejo de este recurso en tiempos de escasez y que se manifestaría con mayor fuerza con el cambio climático a nivel mundial.

A nivel profesional, todas las instituciones de los países integrados al PROCISUR cuentan con investigadores

y transferencistas con especialidad en riego y drenaje; quizás no en el número que se deseara, pero es un buen punto de partida para establecer los contactos y trabajos conjuntos. Países como Paraguay y Bolivia presentan un menor desarrollo en esta área, sin embargo manifiestan un importante interés en la capacitación y perfeccionamiento de sus profesionales; considerando lo relevante que resulta el riego como factor de producción de los sistemas productivos de sus países.

El Taller Internacional denominado Modernización de Riegos y uso de Tecnologías de la Información, fue un ejemplo del mencionado interés de los profesionales. El evento realizado conjuntamente por las redes de riego de PROCISUR y CYTED, se desarrolló en La Paz, Bolivia, en 2007. En esta actividad se contó con la participación de un gran número de profesionales jóvenes interesados en el tema, que mostraron gran interés en tener mayores niveles de perfeccionamiento. En las siguientes Figuras se puede cotejar los grados de asistencia.

Otro ejemplo lo constituye el Curso Taller sobre Conceptos y manejo del riego en cultivos, realizado recientemente

Figura 1. Fotografía testimonial de asistentes al Taller Internacional en La Paz, Bolivia



Figura 2. Autoridades del DIA Paraguay y Profesores del Curso de Riego



Figura 3. Fotografía testimonial de asistentes al Curso de Riego en Asunción, Paraguay



te en Asunción, Paraguay. El encuentro fue planificado por nuestra PTR de Riego y coordinado por el Instituto Agronómico Nacional (IAN) de DIA/MAG de Paraguay. En dicho curso la asistencia superó el centenar de profesionales, de diferentes instituciones y de distintas zonas del país. Ello revela el interés que esta temática tiene en los profesionales, a pesar de que no es un área de mayor desarrollo; pero se visualiza que puede tener gran potencial, al implementarse adecuadamente.

Lo expresado da cuenta del interés por desarrollar actividades de capacitación y/o perfeccionamiento de los recursos humanos que estén ligados a la temática del riego y los recursos hídricos.

Por otro lado, cada país cuenta a su vez, con profesionales altamente capacitados en diferentes áreas del conocimiento asociadas al agua y al riego que pueden aprovecharse y ser utilizadas, para implementar en la región un Programa de Capacitación y Perfeccionamiento en Riego, el cual puede ser coordinado por la PTR de Riego del PROCISUR. Aprovechando las vinculaciones de la Plataforma, es posible contar con la participación en el Programa de profesionales de países de fuera de la región.

Existiendo en los países suficientes recursos humanos capacitados, es posible desarrollar actividades de investigación científica y tecnológica en forma conjunta; con lo cual se fortalece la acción de la PTR de Riego.

La publicación que se presenta, para el conocimiento de todas aquellas personas interesadas en el tema del riego, obedece a una necesidad de la PTR de Riego del PROCISUR y de sus integrantes por dar a conocer la realidad de cada uno de los países en cuanto a tecnología de riego, o dicho de otra forma, dar a conocer la línea base existente en cada uno de ellos, como un insumo para el trabajo futuro de Plataforma.

A pesar del dinamismo que conllevan las actividades de investigación y desarrollo en cada uno de nuestros países, el presente texto cumple el objetivo propuesto. Sin embargo publicaciones de este tipo permiten, en el tiempo efectuar comparaciones del avance logrado en los países, y son un referente para establecer indicadores de desarrollo relativo.

En lo específico, se constata que los seis países integrantes del PROCISUR contribuyen con una superficie de riego cercana a 7.000.000 de hectáreas de cultivo; que sustentan a miles de familias, especialmente a aquellas localizadas en zonas áridas del continente, donde el recurso agua es escaso y extremadamente deficitario, o en lugares donde la variabilidad de ocurrencia de precipitaciones no es suficiente para satisfacer la demanda atmosférica de los cultivos. Todavía, mayor interacción entre los países integrantes y más estudios son necesarios para que los incrementos de las áreas regadas aprovechen la experiencia acumulada y se desarrollen a partir de escenarios de conservación de agua y energía.

En función de ello, PROCISUR apoyó la creación de la Red de Riego, la cual derivó en el corto plazo a PTR de Riego,

instancia a través de la cual puede existir una mayor y mejor proyección del trabajo y mayores opciones de interacción entre los países. Ello quedó demostrado con las acciones desarrollada por la Plataforma en el último tiempo.

Sin lugar a duda, existen diferencias entre los países integrantes, en cuanto al desarrollo del riego, pero ello debe ser un estímulo para fomentar y fortalecer el trabajo colaborativo, así como para aprovechar las capacidades existentes en cada país y perfeccionar los recursos humanos en este tema.

Finalmente, es importante señalar que el riego es una herramienta tecnológica que genera gran impacto en la productividad de los cultivos; sin embargo, su utilización debe realizarse de la manera más racional posible, para lograr con ello altos valores de eficiencia en el uso del agua (EUA), que a su vez se traduzcan en el uso de menos litros de agua por producto generado, para que contribuyan a los escenarios restrictivos que implica el cambio climático, con un menor uso de energía y una menor probabilidad de contaminación.

Argentina

Falótico, N y A. Nicosia. La recepción de los principios rectores en la legislación Hídrica. Anales del XXI Congreso Nacional del Agua, Tucumán, Argentina. 2007.

INDEC, Censo Nacional Agropecuario. Buenos Aires, Argentina. 1988.

INDEC, Censo Nacional Agropecuario. Buenos Aires, Argentina. 2002.

INTA, Atlas de Suelos de la República Argentina. 1986.

Oriaolani, J, C.Kall, T. Castro y C. Casamiquela. Documento para el Programa de Riego y Drenaje, INTA, Buenos Aires, Argentina. 1986.

Prieto, D. Overview of Irrigation in Argentina. Memorias del Irrigation Development and Water Management Course – Country Reports. COICA, Seúl, Corea. 2001.

PROSAP, Información sobre inversión en riego. Comunicación personal. 2009. Subsecretaría de Recursos Hídricos. Sistema de Información Hídrico, 2009.

<http://www.hidricosargentina.gov.ar/indiceLagos.html>. Acceso Setiembre 2009

Bolivia

ANGELO, D.; MAMANI, S.; CHIPANA, R.; MORALES, E. Suka kollus: Una Tecnología Ancestral para el tiempo Actual. PROSUKO- Intercooperation-COSUDE. 2008. 264 p.

COCHRANE, T. A.; KILLEEN T. J.; ROSALES, O. Agua, Gas y Agroindustria: Gestión Sostenible de Agua para Riego Agrícola en Santa Cruz, Bolivia. Conservation International Bolivia, La Paz, Bolivia. 2007.

COOPERACIÓN FINANCIERA BOLIVIANO-ALEMANA. Perspectivas y desafíos de un enfoque sectorial ampliado en riego. Informe Final de la Misión. La Paz, Bolivia, 2008, p.p.38 y 16 de anexos.

KILLEEN, T. J.; GUERRA, A.; CALZADA, M.; CORREA, L.; CALDERON, V.; SORIA, L.; QUEZADA, B.; STEININGER, M. Total Historical Land-Use Change in Eastern Bolivia: Who, where, when, and how much? Ecology and Society 13(1): 36, 2008. [online] URL:www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art36/.

Ley 2878 de Promoción y Apoyo al Sector Riego para la Producción Agropecuaria y Forestal. Bolivia, 2007. 148 p.

MATTOS, R.; CRESPO, A. Informe Nacional Sobre la Gestión del Agua en Bolivia. 2000.

Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios; Banco Interamericano de Desarrollo (BID); Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Memoria del Programa Nacional de Riego. Bolivia, 2005. 173 p.

Ministerio del Agua. Plan Nacional de Desarrollo de Riego. Bolivia, 2009. 71 p. MONTES DE OCA, I. Sistemas de Riego y Agricultura en Bolivia. MACA-CIIR. La Paz Bolivia, 1992. 233 p.

PALACIOS, A.; CHIPANA, R. Manejo del agua a nivel parcelario en zonas con elevada pendiente de los valles interandinos de Bolivia. En Taller Internacional: Modernización de Riegos y Uso de Tecnologías de Información. Síntesis de Resultados. La Paz, Bolivia. PROCISUR, IICA, CYTED. 2008. pp. 63-65.

PROGRAMA NACIONAL DE RIEGO, M.A.G.D.R. Inventario Nacional de Sistemas de Riego. PRONAR. Cochabamba-Bolivia. 2000. 285 p.

ROLDAN, J.; CHIPANA, R.; MORENO, F.; DEL PINO, J.; BOSQUE, H.; CÉSPEDES, R.; PALACIOS, A.; IRAHOLA, M. Una Aproximación a las Tecnologías Ancestrales de Riego Andino en Bolivia. En Taller Internacional:

Brasil

Estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo da água nas principais bacias do sistema interligado nacional – SIN. Agência Nacional das Águas. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Acesso em: 13/10/2008.

Food and Agriculture Organization of the United Nations-Aquastat. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>. Acesso em 13/10/ 2008.

A república Consolidada. Brasil- Regiões. Disponível em: <http://www.brasilrepublica.com/mapa.htm>. Acesso em: 13/10/2008.

Caderno setorial de recursos hídricos: agropecuária / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006. 96 p.

Política Nacional de Recursos Hídricos / Secretaria de Recursos Hídricos. Lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, Brasília: 1977, 35 p.

Christofidis, Demetrios: Água, irrigação e segurança alimentar, Revista ITEM, nº 77, 1º Trim., Belo Horizonte, 2008a, p. 19 – 21.

Christofidis, Demetrios: Novos olhares sobre as áreas irrigadas no mundo, no Brasil e na bacia do rio São Francisco, Revista ITEM, nº 78, 2º Trim., Belo Horizonte, 2008b, p. 74 – 77.

Christofidis, Demetrios: Água, um desafio para a sustentabilidade do setor agropecuário, Agrianual, FNP, São Paulo, 2007, p. 37 - 42.

Christofidis, D. Transposição de Águas na Gestão de Recursos Hídricos. In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004, São Luis. VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2004.

Companhia de desenvolvimento dos vales do São Francisco e do Parnaíba. Disponível em: http://www.codevasf.gov.br/programas_acoes/cadastro-nacional/acordo-de-cooperacao-tecnica. Acesso em: 13/10/ 2008.

Embrapa Cerrados. Mapa das unidades. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/mapaunidades/mapaunis.html>. Acesso em 13/10/2008.

Embrapa. Disponível em: http://www22.sede.embrapa.br/snt/html/agendatt/o_que_eh.htm.

Acesso em 13/10/ 2008.

FAPESP Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Indicadores de Ciência e Tecnologia em São Paulo - Recursos Financeiros para Pesquisa e Desenvolvimento. Disponível em: <http://www.fapesp.br/indct/cap05/cap05.htm>. Acesso em 14/10/2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Agropecuário 1995-1996. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 14/10/2008.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>. Acesso em 13/10/2008.

Rodrigues G. S.; Campanhola, C.; Kitamura, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: ambitec-agro. Jaguariúna: Embrapa Meio ambiente, 2003, 93 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 34).

Seixas, B. L. S. Água: Usos, Características, e Potencialidades. Cruz das Almas, BA: Nova Civilização, 2004, 367 p.

Siebert, S., Hoogeveen, J. & Frenken, K.: Irrigation in Africa, Europe and Latin America - Update of the Digital Global Map of Irrigation Areas to Version 4. Frankfurt Hydrology Paper 05, Institute of Physical Geography, University of Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2006, p.1 - 135.

Tucci, C. E. M., Hespanhol, I., Cordeiro Netto O. M. Gestão da água no Brasil – Brasília: UNESCO, 2001. 156 p. (<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001298/129870por.pdf>)

UOL. Planetageo. Disponível em: <http://planetageo.sites.uol.com.br/brclimas.htm>. Acesso em: 13/10/ 2008.

Verneck, J.E.F., Ferreira, R.S.A., Christofidis, D. O uso da irrigação no Brasil. Disponível em: www.cf.org.br/cf2004/irrigacao.doc. Acesso em 13/10/2008.

Wikipedia. A enciclopédia livre. A região centro-oeste do Brasil. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_Centro-Oeste_do_Brasil. Acesso em: 13/10/2008.

Wikipedia. A enciclopédia livre. A região nordeste do Brasil. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_nordeste_do_Brasil. Acesso em: 13/10/2008.

Wikipedia. A enciclopédia livre. A região norte do Brasil. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_Norte_do_Brasil#Clima. Acesso em: 13/10/2008.

Wikipedia. A enciclopédia livre. A região sudeste do Brasil. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_sudeste_do_brasil. Acesso em: 13/10/2008.

Wikipedia. A enciclopédia livre. A região sul do Brasil. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_sul_do_Brasil#Clima. Acesso em: 13/10/2008.

Chile

Alcayaga, S. Origen, distribución y caracterización de los suelos de drenaje restringido. En: Los suelos de drenaje restringido. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo Boletín N° 9: 1-25. 1989.

CNR. Aprovechando las ventajas de la Ley de Riego. Ley 18.450: Texto Integral, Reglamento, Resoluciones. Gobierno de Chile, MINAGRI, Chile. 74 p. 2004.

CNR. Proyecto PROVALTT La Paloma, 2000.

CNR. Diagnóstico del Riego y Drenaje en Chile y su proyección. Resumen Ejecutivo. Cabrera y asociados Ltda. AC Ingenieros Consultores Ltda. 2003. http://www.cnr.cl/opensite_20051129121756.aspx. Visita 21/12/2009.

CNR. Política Nacional de Riego. 2009. www.cnr.gob.cl/incjs/download.aspx?glb_cod_nodo... Visitado el 21/12/2009

DGA. Diagnóstico de la situación actual de las Organizaciones de Usuarios de Agua, a nivel nacional. Gobierno de Chile, MOP. Informe Final realizado por R. E. G. Ingenieros Consultores. SIT N° 55. 317 p. 1999. http://www.dga.cl/index.php?option=com_wrapper&wrap=Publicaciones%20en%20Linea&Itemid=329. Visita el 24/12/2009

FAO/BM: Chile, Irrigation development programme. Preparation Reports, 1991.

INE. VI Censo Nacional Agropecuario 1997. Resultados Preliminares. Ministerio de Economía, Gobierno de Chile, Santiago. 443 p. 1997.

INE. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. Resultados. Ministerio de Economía, Gobierno de Chile, Santiago. 2007.

<http://www.censoagropecuario.cl/index2.html>. Visita 22/12/2009.

Lanas, G. y Javier Galleguillos. Estudio de necesidades de agua y eficiencias de riego en el valle del Elqui. INIA, Subestación Experimental Vicuña. 96p. 1979.

Matus, N.; B. Fernández; Aedo, M.P. y Larrain, S. Recursos hídricos en Chile: Desafíos para su sustentabilidad. Programa Chile Sustentable. 172 p. 2004. http://www.dga.cl/index.php?option=com_wrapper&wrap=Publicaciones%20en%20Linea&Itemid=329. Visita el 24/12/2009.

Osorio, A. y Gabriel Sellés ¿“Hacia donde va la investigación y transferencia tecnológica del riego en Chile y el mundo”? Seminario Comisión Nacional de Riego: Desafíos actuales y futuros del riego en Chile. Exposición ppt. 2009.

Osorio, A.; D. Prieto; R. Chipana; C. García; M. Blanco y H. Ribeiro. Situación del regadío en los países de la Red de Riego del PROCISUR. Taller Internacional: Modernización de riegos y uso de tecnologías de información: Síntesis de resultados/ed. Por Emilio Ruz, Luís Santos Pereira. Montevideo: PROCISUR/IICA, 2008. 124p. 2008.

Peralta, J, Ferreyra, R y Eguiluz, R. Evaluación de la erosión, sedimentación y uso del agua em um huerto frutal. Agricultura Técnica (CHILE) 54:95-101. 1994.

Salazar, Carlos. Situación de los recursos hídricos en Chile. Third World Centre for Water Management and the Nippon Foundation. 2003.www.thirdworldcentre.or. 102 p. Visita el 24/12/2009.

Salgado, L. Manual de Estándares Técnicos y Económicos para Obras de Drenaje. CNR y Universidad de Concepción, Chillan. 415 p. 2000.

Paraguay

FUNDAINGE - CIC. Visión de los Recursos Hídricos del Paraguay (Organizador: Roger Monte Domecq). 86 p. Asunción, Paraguay. 2004.

ABBATE J. Gobernabilidad del Agua en Paraguay (Informe preliminar), 16 p. Asunción, Paraguay. 2002.

SEAM – Dirección General de Protección y Conservación de Recursos Hídricos. 1er Taller Regional sobre Gestión y Control de Agua de Lastre y Especies Acuáticas Invasoras. Informe Paraguay. 6 p. Brasilia, Brasil 26-28 de abril de 2004.

SEAM. Leyes Ambientales Bajo Responsabilidad de la Secretaría del Ambiente, 390 p. 2005.

Consulta personal: MAG DEAg, FCA – Orientación Ingeniería Agrícola. Empresas proveedoras de equipos de riego. (III / IV 2009).

AQUASTAT, Sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural de la FAO. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm> (1/ IV /2009).

Paraguay. Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos <http://www.dgeec.gov.py> (10 / IV /2009).

Uruguay

Baethgen, W. Conferencia sobre Cambio Climático. Cámara Mercantil Uruguay. Montevideo, 2009.

Deambrosis, E.; R. Mendez; A. Roel; Estrategia en la producción de arroz para un mejor aprovechamiento de las variables climáticas. Serie Técnica INIA N° 89. 1997.

Formoso, F. y J. Sawchik; Producción de semillas de leguminosas forrajeras con riego. Documento on line N° 16. INIA La Estanzuela. 2000.

García, C.; S. Casanova; F. Vilaró; R. Carlesso; Evaluación de parámetros fisiológicos y la productividad del cultivo de papa bajo diferentes manejos de riego. In: XXIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la papa, 2008, Mar del Plata, Argentina. XXIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa. Mar del Plata: Memorias, 2008. v. 1. p. 129-130.

García, C. ; R. Carlesso; G. M. Rosa; M. T. Petry; G. L. Melo; Water Deficit Effects On Maize Yield In Southern Brazil. In: 2002 ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress, 2002, Chicago.

García C.; J. Arbolea; Effect of irrigation sweet onion in Uruguay. In: Irrigation Association Technical Conference. Orlando. Irrigation Association Technical Conference Proceedings, 1999. v. 1. p. 161-166.

Goñi, C. y A. Otero; Reduciendo Incertidumbres: el riego en la productividad de los cítricos. Avances de Investigación. Actividad de Difusión de INIA N° 576. 2009.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Dirección Nacional de Hidrografía. De Castro, M. 2006.

Sawchik, J. Algunos conceptos para el manejo del riego. INIA La Estanzuela.2000.

Esta publicación
se termino de imprimir en
Imprenta Boscana S.R.L.
en julio de 2010.

Dep. Legal: 352.962

La Red de Riego fue constituida en noviembre de 2005 en el marco del Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR). A partir del año 2008, y como consecuencia de la nueva modalidad operativa del Programa, se crean las Plataformas Tecnológicas Regionales, asumiendo la Red de Riego original esa nueva definición.

En la actualidad, en los seis países miembros del PROCISUR hay zonas deficitarias de precipitaciones que requieren de riego (suplementario o total) estimándose en 7 millones las hectáreas que están bajo riego.

En este contexto se asumen los compromisos contraídos por la Red de Riego y entre ellos se destaca la publicación de este libro que considera en su contenido la situación del riego en los países integrantes del PROCISUR.

Esperamos que esta publicación se constituya a su vez en un documento de consulta, para todos nuestros profesionales del área en el Cono Sur; y a partir de ello podamos materializar acciones de común beneficio para todos.

**Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico
Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur**

Argentina
Bolivia
Brasil

Chile
Paraguay
Uruguay



Edificio MERCOSUR
Luis P. Piera 1992 Piso 3
Tel.: (598 2) 410 1676
Fax: (598 2) 410 1780
Montevideo - Uruguay
E-mail: sejecutiva@procisur.org.uy
www.procisur.org.uy