

Riego y Drenaje

Resultados y experiencias obtenidas en el programa de
Giras Tecnológicas y Consultores Calificados
1995 - 1999



La Fundación para la Innovación Agraria (FIA), del Ministerio de Agricultura, tiene la función de impulsar y promover la innovación en las distintas actividades de la agricultura nacional, para contribuir a su modernización y fortalecimiento. De este modo, la labor de FIA busca mejorar la rentabilidad y competitividad de las producciones agrarias, a fin de ofrecer mejores perspectivas de desarrollo a los productores y productoras agrícolas y mejorar las condiciones de vida de las familias rurales del país.

Para ello, FIA impulsa, coordina y entrega financiamiento para el desarrollo de iniciativas, programas y proyectos orientados a incorporar innovación en los procesos productivos, de transformación industrial o de comercialización en las áreas agrícola, pecuaria, forestal y dulceacuícola, con los objetivos de:

- aumentar la calidad, la productividad y la rentabilidad de la agricultura
- diversificar la actividad sectorial
- incrementar la sustentabilidad de los procesos productivos
- promover el desarrollo de la gestión agraria

En este marco, el Programa de Giras Tecnológicas y Consultores Calificados de FIA busca favorecer el aprovechamiento, por parte del sector productivo nacional, del conocimiento tecnológico disponible actualmente, mediante la captación de tecnologías desarrolladas en Chile y en el extranjero, su difusión en el país y la promoción de su adaptación y aplicación en los procesos productivos.

El presente documento recoge las experiencias y resultados obtenidos a través de este Programa en materia de riego y drenaje entre 1995 y 1999.

Riego y Drenaje

Resultados y experiencias obtenidas en el programa
de Giras Tecnológicas y Consultores Calificados
Período 1995 - 1999

Fundación para la Innovación Agraria
Ministerio de Agricultura

Santiago de Chile
2000

ISBN 956-7874-15-8

Registro de Propiedad Intelectual
Fundación para la Innovación Agraria
Inscripción N° 121.229

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida,
siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Santiago, Chile
Diciembre de 2000

Fundación para la Innovación Agraria
Av. Santa María 2120, Providencia, Santiago
Fono (2) 431 30 00
Fax (2) 334 68 11

Centro de Documentación
Fidel Oteiza 1956, Of. 21, Providencia, Santiago
Fono/Fax (2) 431 30 30

E-mail fia@fia.gob.cl
Internet <http://www.fia.gob.cl>

PRESENTACIÓN

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA), del Ministerio de Agricultura, tiene la función de fomentar y promover la transformación productiva de la agricultura y de la economía rural del país.

Para el cumplimiento de esta función proporciona financiamiento, impulsa y coordina iniciativas, programas o proyectos orientados a incorporar innovación en los procesos productivos, de transformación industrial o de comercialización en las áreas agrícola, pecuaria, forestal y dulceacuícola.

A fin de cumplir estos objetivos, una de las líneas de acción fundamentales de FIA es el apoyo para la realización de Giras Tecnológicas y Consultorías, que ha estado operando desde 1995 a través de un programa específico. El objetivo del Programa de Giras Tecnológicas y Consultores Calificados es estimular y fortalecer el aprovechamiento, por parte del sector productivo, del conocimiento tecnológico disponible en la agricultura, mediante la captación de tecnologías innovativas desarrolladas en Chile y en el extranjero, su difusión en el país y la promoción de su adaptación y aplicación en los procesos productivos.

Se busca también favorecer la vinculación entre productores, empresarios, investigadores, profesionales y técnicos del sector agrario, con el fin de impulsar la incorporación de innovaciones tecnológicas, mejorando así la competitividad de la agricultura nacional.

En el marco de este Programa, se realizaron entre 1995 y 1999 más de 120 giras tecnológicas y consultorías especializadas, en las que participaron aproximadamente 1.300 personas. Las actividades se han centrado en diversos rubros y temas, tales como agroturismo, gestión agraria, flores, riego y drenaje, caprinos de leche, ovinos de leche, bovinos de leche y de carne, hortalizas, frutales, agricultura orgánica y sector forestal, entre otros.

A través de las iniciativas impulsadas por este Programa, los participantes en las distintas giras y consultorías han adquirido y recopilado gran cantidad de información, de interés para todas las personas vinculadas a los diversos rubros productivos. Con el objetivo de poner esta información a disposición del sector, FIA desarrolló un importante esfuerzo orientado a sistematizar los resultados de estas iniciativas en torno a rubros y/o temas relacionados, para darlos a conocer a través de una serie de documentos que abordan grandes temas.

En este contexto, entre los temas que se han priorizado se destaca "riego y drenaje", en el cual FIA financió la realización de nueve propuestas en el período que aborda esta publicación, de 1995 a 1999. Naturalmente, en la medida en que FIA apoye la realización de nuevas iniciativas en este tema, la información se dará a conocer al sector oportunamente, a través de nuevas publicaciones.

El presente documento describe las principales experiencias y antecedentes obtenidos por los participantes en giras tecnológicas y la información y apreciaciones proporcionadas por los consultores, de acuerdo con los informes elaborados por los responsables de las distintas iniciativas. En este sentido, el documento aborda los aspectos específicos en que se centró cada una de las propuestas, de acuerdo con los objetivos que se planteó, y de ningún modo pretende entregar una visión acabada sobre el estado del rubro o tema en Chile, ni en los países visitados a través de las giras o países de origen de los consultores extranjeros contratados a través del programa.

El objetivo es que la experiencia lograda en el campo de la investigación y de la ingeniería sea conocida y divulgada en los diversos niveles, desde los técnicos responsables de la planificación hasta los regantes que aplican directamente el agua, y así contribuya a conservar y mejorar los regadíos actualmente en explotación y a potenciar la transformación de nuevas zonas, con el mejor aprovechamiento de los recursos disponibles.

Al dar a conocer este documento, FIA espera que las experiencias conocidas a través de este Programa sean difundidas más allá de los participantes directos, de manera que todos los interesados en el tema puedan conocer y eventualmente adoptar los conocimientos y tecnologías aquí descritos, para avanzar así en la modernización de su actividad productiva.

De este modo, la publicación de este documento se enmarca en el esfuerzo permanente de FIA por impulsar la incorporación de la innovación con el objetivo de fortalecer las distintas actividades de la agricultura nacional y contribuir a mejorar las condiciones de vida de las personas vinculadas a ella.

ÍNDICE

Introducción	7
I. ÁREA DESARROLLO INTEGRAL DE CUENCAS	11
1. Consultoría de un experto en la temática de la sequía	12
2. Gira tecnológica en conocimiento, manejo y optimización de los recursos hídricos en España	18
3. Gira tecnológica en manejo y optimización del recurso hídrico en condiciones de extrema aridez	26
4. Consultoría en el «Estudio conceptual de caracterización de aguas subterráneas en el valle de Aconcagua e incidencia de y hacia otras cuencas»	42
II. ÁREA MEJORAMIENTO TECNOLÓGICO	47
5. Gira tecnológica en manejo de suelos y aguas para la producción de uva de mesa	48
6. Consultoría en manejo de suelos y aguas en la producción de uva de mesa	58
7. Consultoría de experto internacional en manejo de aguas y suelos salinos	64
III. ÁREA PUESTA EN RIEGO Y DESARROLLO PREDIAL	69
8. Gira tecnológica de drenaje a Holanda	70
IV. ÁREA ORGANIZACIÓN Y CAPACITACIÓN DE LOS REGANTES	79
9. Gira tecnológica en mejoramiento de las capacidades de administración y gestión de las asociaciones de regantes de la Sexta Región	80

INTRODUCCIÓN

El agua es un valioso recurso cuyo aprovechamiento ha de estar precedido por una correcta planificación y por la utilización de tecnologías adecuadas. Es por tanto de gran importancia conocer las tecnologías especializadas en la construcción de todas las instalaciones y sistemas necesarios para la puesta en regadío: regulación, conducción, distribución, control, tratamiento y aplicación.

La importancia del riego radica en el notable incremento que produce en el rendimiento de los cultivos y la regularidad que proporciona en la producción agrícola. Históricamente el ser humano ha contribuido a modificar los desequilibrios hídricos mediante obras de ingeniería, con el fin de atender sus necesidades de alimento y vestido.

En Chile, el área territorial (excluyendo la Antártica) es de 75,7 millones de hectáreas, de las cuales 28,7 millones corresponden a terrenos que tienen alguna actividad agrícola. De esta área agrícola, son arables sólo 5,1 millones de hectáreas, que se dividen en 3,3 millones de secano y 1,8 millones bajo canales.

De acuerdo a las estadísticas oficiales, del total de superficie bajo canal, 1,2 millones de hectáreas se riegan con una seguridad del 85% y unas 0,6 millones de hectáreas con riego eventual. Sin embargo, en la actualidad se estima que la superficie con seguridad de riego se ha incrementado en 0,12 millones de hectáreas adicionales gracias a la aplicación de la Ley de Fomento al Riego y Drenaje, lo que totalizaría 1,32 millones de hectáreas regadas con seguridad de 85%.

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 hectáreas. De acuerdo a estas cifras, se concluye que el máximo potencial regable de Chile alcanza a 2,5 millones de hectáreas (1,8 millones bajo canal y 0,7 millones de secano). Para lograr esta meta, se hace necesario ejecutar obras de regadío para elevar la seguridad de riego de las 0,6 millones de hectáreas con riego eventual e incorporar al pleno riego las 0,7 millones de hectáreas actualmente de secano, es decir, actuar sobre 1,3 millones de hectáreas.

En Chile existe más de un millón de hectáreas con dificultades de drenaje y unas 33.600 hectáreas con problemas de salinidad, en buena parte debido a drenaje restringido. Se estima que el país cuenta con al menos 400.000 hectáreas de «suelos húmedos», principalmente en la zona sur y austral del país, susceptibles de ser drenados.

A partir de 1990, se ha dado inicio a un vasto programa de inversión en infraestructura de riego y otras acciones complementarias. Ellas permiten incrementar y mejorar la superficie regada del país, con inversiones del sector público que sobrepasan con creces la inversión histórica del sector. Para ello el gobierno, a través de la Comisión Nacional de Riego, ha implementado la ejecución de tres programas: el primero orientado a la construcción de grandes obras de riego; el segundo, a la construcción y reparación de obras medianas y el tercero, a la construcción de obras menores de riego y drenaje.

Es importante destacar que en el contexto histórico del desarrollo del riego en Chile, desde los inicios de la acción estatal a comienzos del siglo XX, siempre se ha contado con la activa participación del sector privado, tanto en la toma de decisiones como en el financiamiento de las obras de riego.

Se ha definido la obra de riego como un factor de desarrollo agrícola y rural que, junto con incrementar la superficie regada del país, permite un aumento de la productividad agrícola y logra elevar el nivel y calidad de vida de los habitantes del medio rural, en un concepto de integralidad. Dicho concepto incluye no sólo la construcción de obras hidráulicas, sino también el desarrollo integral de cuencas, puesta en riego y desarrollo predial, mejoramiento tecnológico, organización y capacitación de los regantes y comercialización y promoción de agroindustrias para los productos agropecuarios generados por el proyecto de riego.

Para abordar aspectos principalmente referidos al manejo integral de cuencas, desarrollo predial y mejoramiento tecnológico, y el fortalecimiento de las capacidades de los regantes, FIA impulsó entre 1995 y 1999 la realización de cinco giras tecnológicas (cuatro internacionales y una nacional) y cuatro consultorías especializadas en riego y drenaje, con un aporte superior a los 50 millones de pesos.

Se entrega a continuación una síntesis de la información que se ha considerado más interesante desde el punto de vista de la innovación tecnológica, elaborada a partir de los informes técnicos y material bibliográfico recopilado de las siguientes propuestas:

Giras tecnológicas

- Manejo de suelos y aguas para la producción de uva de mesa.
- Gira técnica de drenaje a Holanda.
- Conocimiento, manejo y optimización de los recursos hídricos en España.

- Mejoramiento de las capacidades de administración y gestión de las asociaciones de regantes de la Sexta Región.
- Manejo y optimización del recurso hídrico en condiciones de extrema aridez.

Consultores calificados

- Visita de un experto internacional en la temática de la sequía.
- Estudio conceptual de caracterización de aguas subterráneas en el Valle de Aconcagua e incidencia de y hacia otras cuencas.
- Manejo de suelos y aguas en la producción de uva de mesa.
- Visita de experto internacional en manejo de aguas y suelos salinos.

Estas propuestas se describen agrupadas de acuerdo a las acciones (áreas) que ha definido la Comisión Nacional de Riego, necesarias de realizar para llevar a cabo un proyecto de riego «integral». Esta agrupación es una forma de ordenar las propuestas por su objetivo central. Sin embargo, muchos de los resultados obtenidos en cada una de ellas cruzan evidentemente todas o gran parte de las acciones definidas.

Las Giras Tecnológicas y las Consultorías Calificadas se han centrado principalmente en torno a dos temáticas: desarrollo integral de cuencas (Giras a España y Estados Unidos, consultores en sequía y manejo de cuencas) y el mejoramiento tecnológico (gira y consultor en manejo del riego en uva de mesa, consultor en manejo de suelos y aguas salinas). Estas iniciativas han tenido su origen en regiones de mayor déficit hídrico como son la III, IV y V Regiones. Esta situación se debe a que, en las regiones mencionadas, debido a la aridez del clima y a la baja disponibilidad de recursos hídricos, además de la existencia de obras hidráulicas mayores y de la presencia de problemas de calidad del agua de riego (salinidad, contaminantes, pH), la comunidad usuaria del recurso se ha visto obligada a buscar tecnologías para hacer un mejor uso del agua. Sin embargo, las regiones con mejor balance hídrico también tienen problemas que abordar. Por ejemplo el drenaje de suelos y la capacitación y coordinación de sus organizaciones de regantes (gira en drenaje a Holanda; gira de organizaciones de regantes de la VI Región).

Los participantes en las cuatro giras internacionales fueron 45 personas, mientras que en la gira nacional participaron 14 personas. Los cuatro consultores calificados que visitaron nuestro país proceden de Estados Unidos (tres) y Sudáfrica (uno). En las actividades de difusión de las propuestas (charlas, reuniones, visitas a terreno y seminarios) han participado directamente más de 900 personas del área agropecuaria.

A juicio de los participantes en las giras y consultorías, estas actividades han sido un gran apoyo para abordar los problemas y situaciones propuestas, lográndose en la mayoría de los casos cumplir adecuadamente los objetivos propuestos. El éxito de estas actividades se ha fundado en diferentes aspectos entre los que se pueden mencionar: la calidad profesional de los consultores seleccionados, la existencia de una necesidad o problema concreto, la calidad humana y profesional de los equipos multidisciplinares participantes en las giras, la existencia de un proyecto de investigación y/o desarrollo relacionado con el tema en cuestión y la existencia de un vínculo estrecho entre los diferentes actores en la zona de origen del proyecto.

La difusión de la información y el conocimiento adquirido en estas actividades ha sido realizada en el área de influencia de las propuestas por medio de charlas y seminarios, a cargo de los participantes en las giras y de los consultores. La visita de los consultores también ha sido complementada con reuniones de trabajo y actividades en terreno. Los coordinadores de las propuestas han elaborado un informe detallado de las actividades realizadas y de los conocimientos e información adquirida, adjuntando material gráfico e informativo.

A través del presente documento FIA entrega al público general un resumen de las Giras Tecnológicas y de la Contratación de Consultores Calificados en el tema del riego y el drenaje, con el objetivo de difundir los nuevos conocimientos adquiridos y facilitar la interacción entre potenciales interesados en los temas expuestos y los participantes en las actividades presentadas. Otro objetivo del documento es motivar al sector privado y público, así como a investigadores, a participar conjuntamente en este programa en la búsqueda de soluciones e innovaciones tecnológicas para potenciar y hacer más competitiva la agricultura nacional.

Si bien los temas abordados en las giras y por los consultores han sido de relevancia, existen todavía muchos temas relacionados directamente con el riego y el drenaje que pueden ser enfrentados a futuro con este instrumento. Entre ellos se puede mencionar: sistemas de programación del riego; manejo del riego en frutales y viñas; captación, conducción y distribución del agua y desarrollo de las organizaciones de regantes, entre otros.

I. Area Desarrollo integral de cuencas

Conjuntamente con la ejecución de grandes obras como embalses o canales de envergadura, esta etapa también está orientada a la incorporación y mejoramiento de las redes de canales primarios, secundarios y terciarios de tal manera de dejar el agua disponible a la entrada de los predios.

TÍTULO DE LA PROPUESTA

1 Consultoría de un experto en la temática de la sequía (Propuesta B-014)

ENTIDAD RESPONSABLE

Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional
de Investigación Intihuasi.

Colina San Joaquín s/n, La Serena, IV Región

Apartado Postal 36-B La Serena

Teléfono (51) 223290

Fax (51) 227060

COORDINADOR

Leoncio Martínez, Ingeniero Agrónomo INIA CRI Intihuasi

CONSULTOR

Donald C. Slack, Agricultural Engineer, PE.

INSTITUCIÓN

Universidad de Arizona, Departamento de Ingeniería Agrícola
y Biosistemas

Shantz Bldg. N°38, Room 403, Tucson, AZ 85721, Estados Unidos

www.ag.arizona.edu/ABE

Fono 520-6217230

Fax 520-6213963

Email dcslack@ccit.arizona.edu

ESPECIALIDAD

Profesional con importante experiencia en ambientes
desérticos, con alto grado de tecnificación en el uso de
recursos hídricos. Posee una amplia experiencia internacional
en proyectos de riego localizados en zonas áridas y semiáridas.

FECHA DE EJECUCIÓN

Julio de 1997

1.1. PROBLEMA A RESOLVER

En el mundo hay muchas zonas donde la escasez de agua para regadío y utilización municipal obliga a un uso eficiente de ella. El suroeste de Estados Unidos es líder en esta temática. En algunas regiones de Chile, como la IV Región por ejemplo, existe una infraestructura de riego con varios embalses, muchos canales y un alto grado de tecnificación en el manejo del agua a nivel intrapredial.

Mucho de lo que se requiere para un mejor uso del agua ya existe, pero es preciso favorecer un adecuado y eficiente uso de esa infraestructura. Por lo tanto, a través de esta consultoría se esperaba entregar recomendaciones y sugerencias de cómo utilizar en forma eficiente los recursos hídricos superficiales y subterráneos en la IV Región, dar orientaciones a las autoridades regionales sobre las medidas de carácter técnico posibles de aplicar para enfrentar futuros períodos de sequía y dar a conocer los últimos avances tecnológicos en el uso eficiente del agua.

1.2. OBJETIVOS

- Orientar a los actores regionales hacia un uso eficiente del recurso hídrico, tanto en la actividad agropecuaria como en el área urbana e industrial.
- Conocer las medidas que han sido adoptadas en el suroeste de Estados Unidos para enfrentar períodos de restricción hídrica.
- Capacitar a los profesionales de la región en el tema.
- Establecer contactos entre el INIA y otros centros de investigación en ambientes desérticos.

1.3. RESULTADOS Y APLICABILIDAD EN CHILE

La III y IV Regiones tienen la particularidad de presentar una amplia variación de zonas climáticas que permiten una gran diversidad de cultivos. Así es como se puede encontrar desde frutas y hortalizas cultivadas en climas tropicales, hasta las que son cultivadas en zonas templadas. Debido a que la lluvia es escasa, toda la zona tiene un clima desértico y la producción agrícola de cualquier especie debe sustentarse necesariamente en condiciones de riego.

En respuesta a lo limitado de la oferta de agua y las oportunidades para adoptar nuevas tecnologías de riego, un número importante de agricultores de la región ha incorporado tecnologías de riego localizado para un amplio rango de cultivos, que van desde papas hasta vides. Tales tecnologías están siendo adoptadas por grandes y pequeños agricultores. Esas tecnologías están disponibles en la región, así como la capacidad de diseñar e instalar dichos sistemas. Sin embargo, existen adicionalmente algunos aspectos para mejorar aún más la eficiencia de utilización del agua en el área, los que se describen a continuación.

Redes meteorológicas automáticas

Además de la adopción de tecnologías de riego eficiente, hay un potencial significativo en el mejoramiento de la eficiencia de utilización a través de un manejo del agua «dentro del predio». Tal mejoramiento puede ser logrado por la introducción de datos climáticos necesarios para el manejo del agua y tecnologías de programación de riego. A medida que se viaja desde la costa hacia la cordillera de Los Andes, son evidentes los cambios de clima que afectan la cantidad de agua utilizada por los cultivos.

Aunque hay un limitado número de estaciones meteorológicas, los datos de esa limitada red no son suficientes para definir totalmente los microclimas locales. Así, existe una oportunidad para definir en mejor forma la variabilidad local en factores tan importantes como la radiación solar, velocidad del viento, temperatura y humedad a través del desarrollo de una red con estaciones meteorológicas automáticas. Dicha red puede ser diseñada para proveer una adecuada cobertura para definir la variabilidad de cada uno de los valles más importantes.

La red meteorológica puede ser usada para suministrar datos cercanos al tiempo real para una amplia variedad de procesos que requieren toma de decisiones tales como: programación de riego, modelación del crecimiento de la población de insectos, mejor control de las plagas, predicción de enfermedades y alerta local para prevenir heladas. Los datos de la red meteorológica pueden ser utilizados asociados a sistemas de información geográfica que ayudarían a una mejor definición de zonas climáticas locales que pueden conducir a la identificación de potencialidades de nuevos cultivos.

Programa para la programación de regadío (AZSQUED)

Este es un software desarrollado por el Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Arizona para la calendarización del riego a nivel intrapredial.

Programa para el diseño de sistemas de riego localizado de baja presión (Bubber)

Al igual que el software anterior, éste está disponible para los profesionales en el área de riego.

Mejoramiento en la utilización de los recursos de agua existentes

En muchas áreas desérticas del mundo, los residuos de aguas municipales e industriales son una importante fuente hídrica que debe ser utilizada y no arrojada al mar, tal como sucede por ejemplo, con los residuos líquidos municipales en La Serena, que son directamente descargados al mar. El desarrollo de plantas de tratamiento de aguas servidas para uso agrícola e industrial podría ser considerablemente más económico que otras alternativas como la desalinización de agua de mar. Los beneficios adicionales incluyen el uso de fertilizantes derivados de aguas servidas, la eliminación de patógenos y la eliminación de una importante fuente de contaminación.

Es una realidad que el crecimiento de la población y el rápido desarrollo de los balnearios locales, aumenta el peligro de contaminación con diversas plagas. El tratamiento de las aguas servidas y el re-uso de ellas elimina la posibilidad de tal amenaza para el importante sector turístico de la economía regional.

Perfeccionamiento y mejoramiento de tecnologías de riego localizado

Un programa de pruebas de evaluación de componentes de sistemas localizados y diseño, podría ser muy útil para determinar si los sistemas que están siendo instalados tienen el mismo rendimiento y eficiencia que el diseño original. Surge la preocupación de que muchos de los sistemas observados han sido instalados en pendientes muy fuertes donde la diferencia de presión entre la parte superior e inferior puede ser muy significativa. Aunque los emisores utilizados en esas situaciones son del tipo autocompensados, tales emisores tienen un limitado rango de compensación. Puede haber situaciones donde se exceden los rangos, entonces, esas limitaciones deben ser consideradas por los diseñadores e instaladores de dichos sistemas. Si verdaderamente los límites son excedidos, la eficiencia de uniformidad puede ser afectada significativamente.

Sistemas xerófitos para paisajismo urbano

El predominio de prados y jardines que requieren grandes cantidades de agua es pobremente indicativo de un medio ambiente desértico. La conservación del agua en el paisajismo urbano conocido como «XERISCAPE» (paisajismo con plantas xerófitas) ha sido desarrollada para ciudades ubicadas en el desierto de Estados Unidos tales como Tucson en Arizona.

Estos sistemas de paisajismo utilizan plantas de desierto y arbustos y proveen un atractivo y una alternativa a la conservación de agua a los prados y jardines de zonas con mayor pluviometría. El ahorro de agua puede ser significativo. También puede resultar muy fructífero explorar el uso de tales especies para paisajismo, en ciudades como por ejemplo La Serena u otras similares.

Requerimientos de agua de los cultivos

El requerimiento de agua de los cultivos está definido muy pobremente y el efecto de un amplio rango de climas y condiciones de suelo en tales requerimientos es aún menos comprendido. Un programa de investigación que defina en forma más precisa los requerimientos actuales de agua de los cultivos para una óptima producción, tal como una función del desarrollo fenológico, podría conducir a un mejor manejo del agua al interior de los predios agrícolas y consecuentemente a significativos ahorros. Tal información es también muy útil para la planificación y diseño de sistemas de riego más eficientes.

Desarrollo de nuevas fuentes de agua

Adicionalmente a la posible utilización de aguas servidas tratadas, existen otras oportunidades, como por ejemplo el aprovechamiento de importantes volúmenes de agua de riego «derramadas» directamente en el mar, porque los potenciales usuarios de esa agua no la utilizan (área en La Serena). Pequeños estanques podrían ser construidos para capturar esta agua, de modo que fuera bombeada aguas arriba para ser utilizada donde sea necesaria. Esta opción podría ser razonable cuando la represa Puclaro esté terminada. El agua así reciclada podría reemplazar el agua regularmente liberada desde la represa, permitiendo que un mayor volumen pueda ser almacenada para un uso futuro. Todos los conceptos e ideas entregadas por el consultor son aplicables al Norte Chico del país. Muchas de las ideas ya han sido implementadas con éxito en otras latitudes. La velocidad con que esas tecnologías sean adoptadas depende de la asignación de recursos económicos y de la relativa escasez de los recursos hídricos. Todo ello puede ser una realidad en los próximos 30 años.

No todas las propuestas tienen el mismo costo. Quizás algunas de ellas sean aplicables en el corto plazo, como por ejemplo el establecimiento de una red meteorológica automática. Una red de amplia cobertura puede ser de alto costo, pero puede iniciarse con una red piloto de ocho a diez estaciones y luego, en la medida que la disponibilidad de recursos lo permita, puede ampliarse con la participación de privados. Esfuerzos pilotos como los propuestos anteriormente, ya se están desarrollando en algunas regiones del país.

En lo que se refiere a los modelos de programación de riego, se hace necesaria una etapa de validación y ajuste del modelo AZSQUED a las condiciones locales. Una vez cumplida esta etapa, su adecuación a las condiciones locales no es difícil ya que se dispone de una superficie importante de suelos regados por métodos localizados. Un plan agresivo de extensión ayudará a que esta tecnología sea adoptada fácilmente por los agricultores locales. Asimismo, en el rápido desarrollo e instalación de nuevos sistemas de manejo y tecnologías de riego en la región, es necesario visitar lugares en otros países donde las tecnologías hayan sido utilizadas con éxito por largo tiempo, permitiendo aprender de la experiencia y evitar errores de fácil ocurrencia. Esas visitas permitirán a Chile moverse directamente hacia niveles tecnológicos más altos. Países o regiones que podrían ser interesantes de visitar son: España, Israel, el suroeste de Estados Unidos y el sur de California.

1.4. CONTACTOS ESTABLECIDOS EN EL PAÍS

Durante la visita el consultor y los profesionales responsables de la consultoría tomaron contacto con autoridades regionales (intendente de la IV Región, gobernadores de las provincias de Limarí, Elqui y Huasco, los Seremis de Agricultura de la III y IV Regiones)¹, profesionales e investigadores en el área de riego de INIA y Universidad de La Serena, además de miembros de las organizaciones de regantes y agricultores.

Importantes fueron las reuniones con las organizaciones de regantes de los valles Choapa, Limarí y Elqui en la IV Región y Huasco en la III Región, donde se intercambiaron ideas acerca de las posibilidades que existen para mejorar la distribución de agua extrapredial con métodos más eficientes de conducción. Se realizó también un seminario desarrollado en el INIA CRI Intihuasi, al que asistieron unas sesenta personas, representantes de los sectores público y privado, vinculados con el manejo de recursos hídricos de la región.

¹ Todos los cargos mencionados corresponden al momento en que se desarrolló la propuesta.

TITULO DE LA PROPUESTA

2 Gira tecnológica en conocimiento, manejo y optimización de los recursos hídricos en España (Propuesta A-071)

ENTIDAD RESPONSABLE

Secretaría Regional Ministerial de Agricultura de la Región de Coquimbo

Fono (51) 213146

E-mail seremi4@minagri.gob.cl

COORDINADOR

Juan Hernán Torres, Ingeniero Civil

Junta de Vigilancia Río Elqui y sus afluentes

PAÍS DE DESTINO

España

CIUDADES

Madrid, Huelva, Granada, Murcia y Valencia

PARTICIPANTES

- Guillermo Machala, Secretario Ministerial de Agricultura de la Región de Coquimbo¹.
- Carlos Galleguillos, Director Regional de Aguas, IV Región.
- Leoncio Martínez, investigador de riego de INIA CRI Intihuasi.
- Juan Hernán Torres, ingeniero civil, Junta de Vigilancia de Río Elqui.
- Eliseo Pérez, presidente de la Junta de Vigilancia de Río Hurtado.
- Eugenio González, presidente de la Junta de Vigilancia de Río Limarí.
- Aliro Pinto, presidente de la Asociación de Canales de Embalse Cogotí.
- Cipriano Miranda, administrador del Embalse Cogotí y su red de canales.
- Jorge Romero, director de la Asociación de Canales de Camarico.

¹ Todos los cargos mencionados corresponden al momento en que se desarrolló la propuesta.

2.1. PROBLEMA A RESOLVER

Se buscaba aplicar la experiencia española respecto al manejo, administración y obras necesarias para la optimización del uso de los recursos hídricos, para crear soluciones a los problemas prácticos que presente cada una de las cuencas de Elqui, Limarí y Choapa de la Región de Coquimbo. En las tres cuencas existen importantes embalses, y otros están a punto de ponerse en marcha, de modo que se requiere contribuir a un aprovechamiento óptimo de cada obra de regulación de agua dulce, para maximizar los beneficios privados y públicos y aumentar la eficiencia del recurso hídrico de esa región. Para complementar las obras de regulación, se han iniciado además en la actualidad, estudios de mejoramiento de las obras de distribución en base a canales, como también programas encabezados por la Dirección Regional de Riego, a través de los cuales se ha iniciado recientemente el revestimiento de canales en zonas que presentan pérdidas de agua y en sectores de muy mala operatividad de conducción. Por tal razón es muy conveniente explorar experiencias extranjeras sobre manejo y desarrollo de obras de distribución de agua para regadío en diferentes cuencas, como es el caso de España.

2.2. OBJETIVOS

- Conocer el manejo y optimización de los recursos hídricos que ha realizado España.
- Conocer los lineamientos generales de cómo se enfrentan los problemas que genera la escasez de agua en una cuenca y cuáles son las obras de infraestructura de riego que se han ejecutado para enfrentar con éxito este problema.
- Conocer el manejo y planificación de los recursos subterráneos en España, en especial en Madrid, donde existe una gran cantidad de sondajes de importante profundidad.
- Conocer el tratamiento en plantas depuradoras de las aguas residuales domésticas y de residuos líquidos industriales (Riles) para que, una vez tratados, puedan ser usados en regadío.
- Conocer sistemas de distribución de aguas de regadío.

2.3. RESULTADOS Y APLICABILIDAD EN CHILE

La superficie de riego de España alcanza a 3.400.000 há, de las cuales un millón se ha incorporado en los últimos 25 años. De la superficie de riego, aproximadamente el 10% corresponde a riego localizado, el 25% a riego por aspersión y el resto a riego tradicional. De la totalidad del agua ocupada en agricultura, el 70% corresponde a aguas superficiales y el 30% a aguas subterráneas.

De la superficie de riego dedicada a la agricultura, la de más alta rentabilidad corresponde a los regadíos costeros ubicados en zonas áridas, que por condiciones climáticas pueden producir en general hortalizas y frutas en épocas en que no es posible hacerlo en el resto de España y Europa.

Es importante también destacar que en España existen alrededor de 50.000 embalses con una capacidad de acumulación de 40 millones de hectómetros cúbicos, siendo el país de mayor regulación de las aguas en Europa.

Sistemas de abastecimiento, manejo y tratamiento de aguas

A través de las visitas realizadas a los sistemas de abastecimiento de agua potable de la empresa Canal de Isabel II, que abastece a la totalidad de la Comunidad Autónoma de Madrid (empresa del Estado dedicada al tratamiento de agua para su potabilización y depuración de aguas servidas), se conocieron una serie de conceptos y aspectos tecnológicos que resultaron ser de gran interés para el grupo participante, ya que muchos de ellos no se conocen y/o no se utilizan en Chile. A continuación se presentan algunos antecedentes sobre estas tecnologías.

Abastecimiento de agua

◆ Embalses

Es importante destacar que la seguridad de abastecimiento de agua potable a poblaciones está respaldada por el manejo y operación de agua en embalses, debido a los reiterados ciclos de sequías. La Comunidad de Madrid por ejemplo, tiene alrededor de cinco millones de habitantes, por ello requiere de un importante volumen de agua embalsado. De ahí que la empresa de agua potable debe asegurar el abastecimiento a la población, contando con el respaldo de un embalse de su propiedad o bien participando activamente en proporción de esas obras según la envergadura de la población que debe abastecer.

La empresa Canal de Isabel II posee 14 embalses para almacenar el recurso hídrico y así asegurar el abastecimiento a la población, con un volumen que alcanza la cantidad de 945 millones de m^3 . Es necesario señalar la importancia de la generación de energía eléctrica de los embalses que la empresa posee, la cual es entregada a una empresa eléctrica y canjeada por el suministro que requiere el Canal Isabel II en otros sectores y sistemas como por ejemplo los sondajes de Fuencarral. De esa manera se logra una utilización al máximo del uso y manejo de los recursos hídricos habitualmente escasos en España.

Debe destacarse que la generación de energía eléctrica es posible a pesar de eventuales incompatibilidades entre la necesidad de suministro de agua potable en el verano (aumento del consumo) y la producción energética en meses de invierno (bajo consumo de agua).

• **Uso de aguas subterráneas**

Es de la mayor importancia contar con sistemas alternativos de suministro mediante el uso de aguas subterráneas, para suplir en cualquier momento situaciones de riesgo en los sistemas de aguas superficiales.

En captación de agua subterránea, la empresa Canal Isabel II posee un amplio campo de pozos que abastecen a la Comunidad de Madrid, donde se distinguen los llamados sistemas generales para el Gran Madrid y que corresponden a 53 unidades con un caudal de $3,5 m^3/s$. Se dispone también de campos de pozos en los pueblos aledaños pertenecientes a la Comunidad de Madrid, que suman número 67 unidades con un caudal de $1,4 m^3/s$. Entre ambas situaciones, el total de estas unidades alcanza a 120 sondajes y pozos con un caudal del orden de los $4,9 m^3/s$.

Un aspecto novedoso en el campo de los pozos (zona de Fuencarral, en las cercanías de Madrid) dice relación con la profundidad de ellos, la cual en la mayoría de los casos bordea los 800 metros de profundidad, valores que en Chile prácticamente no existen. De ahí la importancia de conocer dichas experiencias, sobre todo los aspectos operacionales y de mantención, especialmente en lo relativo a problemáticas de conductibilidad alta como consecuencia de acuíferos de gran salinidad.

Otro aspecto relevante dice relación con la ubicación de las bombas, las cuales se instalan a 300 m de profundidad. A esto se agrega que el diámetro de perforación requerido para esas profundidades es de 500 mm, es decir, medio metro, dimensiones también importantes para el común de las perforaciones que se hacen en Chile.

En resumen, es apreciable la buena calidad y tecnología de los sistemas de aguas subterráneas de Fuencarral, y más destacable e imitable es la perfecta mantención de los equipos eléctricos, hidráulicos y de control de los sondajes ya señalados. Lo indicado implica que el sistema de agua potable es flexible y adaptable a las situaciones extremas de sequía y otros fenómenos naturales.

Algunas regiones de nuestro país han sido azotadas por severas sequías, que no sólo han comprometido la disponibilidad de agua para la agricultura, sino también el abastecimiento de agua a las ciudades. Es importante entonces analizar el tema, aún más si comparamos la IV Región de Chile, en especial la Provincia de Elqui, que tiene pluviometrías medias de 100 mm al año, con la zona sur de España visitada, que tiene una pluviometría media de 900 mm anuales y se considera en sequía cuando llueve del orden de los 600 mm al año.

Tratamiento de las aguas

En la potabilización de las aguas se observó la utilización de diversos productos químicos, cuya aplicación en Chile requiere de un análisis químico previo y de una evaluación de costos, pero parece interesante la variabilidad de alternativas en los usos. Sobre todo, llama la atención la aplicación del ozono en la desinfección de las aguas y de cloraminas, que serían más estables que el cloro, especialmente en redes de mucha longitud.

Otro aspecto importante en la potabilización del agua es la recuperación a través de la aplicación de presión a los lodos residuales decantados en un proceso de tratamiento, como una manera de estrujarlos y recuperar agua, siendo así eficiente con el aprovechamiento máximo de los recursos hídricos. Este tratamiento de las aguas residuales corresponde a sistemas de tipo terciario, vale decir, se recupera agua de buena calidad que puede ser utilizada en regadío o bien ser descargada a cursos receptores como lagos y mares sin provocar contaminación del medio ambiente.

Las plantas de tratamiento y de depuración de aguas servidas, se encuentran implementadas con instrumentos de control remoto, de modo que puede llevarse un control centralizado de su operación, y cuentan con sistemas de alarmas que permiten detectar en forma inmediata las fallas que pudiesen presentarse en cualquier etapa de los tratamientos de purificación o de depuración.

Sistema de distribución de agua

El sistema de distribución de agua en base a demanda que se ha implementado en varios proyectos de riego como Pantano de la Cierva (Murcia), El Chanza (Huelva),

Motril-Salobreña (Granada) y Canal de la Sagra (Toledo), fue desarrollado e implementado a nivel de unidad piloto en el predio de El Palomar, del Centro Nacional de Tecnología de Regadío (CENTER), situado en San Fernando de Henares (Madrid).

El sistema consiste en una red de tuberías y nodos distribuidores de agua, localizados en todo el distrito de riego y en donde el agricultor recibe el agua de acuerdo a la demanda de sus cultivos. El agua es recibida en la cabecera del predio a una presión y caudal que permite el funcionamiento de sistemas de riego mecánicos. El control del sistema, tanto en el funcionamiento como en el registro de los consumos por agricultor, se realiza en el departamento central del proyecto. En forma periódica el distrito de riego emite una factura al agricultor por el valor del volumen de agua consumida. La tarifa involucra un costo de energía y costo de administración, pero no incluye el costo de la obra, que es financiada en su totalidad por el Estado. Se puede decir que el sistema es homólogo a la red de agua potable domiciliaria.

Este tipo de distribución es muy eficiente en lo que respecta al uso del agua y energía. En la IV Región, así como también en otras regiones de Chile, debería poder implementarse un sistema semejante en el mediano y largo plazo (futuro no superior a 30 años), dada la escasez de los recursos hídricos y el aumento de su demanda por la agricultura, la industria y el consumo humano.

Red agrometeorológica automática

Otro aspecto interesante lo constituyó la red de programación del riego implementado en CENTER. Esta red tiene como objetivo proporcionar en tiempo real la condición atmosférica imperante y es la base que tiene el agricultor para estimar las necesidades hídricas de sus cultivos. Esta metodología de trabajo permite un uso racional del agua, especialmente en aquellas zonas donde el recurso hídrico es muy escaso.

La estación agroclimática está equipada con sensores que suministran información continua de aquellos datos necesarios para la programación de los riegos: humedad relativa, temperatura del aire y del suelo, pluviometría, radiación solar y dirección y velocidad del viento. Con esta información el sistema formula el balance hídrico, que se contrasta con la práctica habitual de riego, para la estimación de los coeficientes de consumo de agua de los cultivos. Esta tecnología es de amplio uso por parte de los agricultores y es factible de ser implementada en nuestro país en el corto plazo.

Planificación del uso de los recursos hídricos

Actualmente se están utilizando técnicas de análisis de imágenes de satélites y fotos aéreas para planificar el uso de los recursos hídricos, productividad agrícola y erosión.

Se pudieron conocer antecedentes del proyecto «Análisis mediante teledetección de los aprovechamientos de agua para las Confederaciones Hidrográficas del Guadiana y Duero» que realiza el grupo empresarial EPTISA. El objetivo de estos trabajos fue caracterizar y tipificar las zonas de riego de ambas cuencas para planificar el uso de los recursos hídricos, lograr ahorro de agua y producir mejoras socioeconómicas en el medio rural.

La metodología de trabajo fue el uso de fotos satelitales LANDSAT TM, fotos aéreas y programas de computación para el proceso de la información tipo ArcInfo, MapObjects y bases de datos.

Tanto las técnicas de análisis utilizadas como los resultados obtenidos son muy interesantes y pueden ser aplicados a situaciones locales en donde se requiera una planificación integral del uso y explotación de los recursos hídricos.

En la IV Región existen catastros de pozos profundos, productividad potencial de áreas de secano y eficiencia en el uso del agua a nivel de cuencas, que pueden ser abordados con la metodología presentada por el grupo EPTISA.

Como resultado de la gira, se adquirió un compromiso de los sectores privado y público del grupo participante, de trabajar una propuesta para crear en la provincia del Limarí una zona de regadío, aprovechando los esfuerzos que hoy se están haciendo en esa provincia en los programas de transferencia y validación de tecnologías de riego y optimización, en los cuales participan ODEPA, el Gobierno Regional, servicios del agro y algunas Juntas de Vigilancia. Finalmente se comenzó a trabajar la idea de llevar a cabo un proyecto de desarrollo integral de la Comuna de Río Hurtado, iniciativa ya aprobada a nivel municipal, a través del contacto con la empresa española TRAGSATEC.

2.4. CONTACTOS ESTABLECIDOS

INSTITUCIÓN	NOMBRE	TEMA	DIRECCIÓN, FONOS, FAX, E-MAIL
Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER)	Ignacio Gil Director	Cursos de entrenamiento y postgrado	Casilla 109, 28830, Torrejón de Ardoz, Madrid, España
Dirección General de Desarrollo Rural, Ministerio de Agricultura	Francisco Durbán Carmona	Asesoría a proyectos de regadío para la Región de Coquimbo, a través de la Agencia para la Cooperación Española	Paseo de la Castellana 112, 28071 Madrid, España Fono (34-91) 3471839 Fax (34-91) 3471650
Empresa Tragsa/Tragsatec	Lorenzo Ortiz Cañabate	Apoyo de iniciativas de desarrollo rural y de regadío	Agustín de Bethencourt 17, 28000 Madrid, España Fono (34-91) 4561717 Fax (34-91) 5352645
	Amparo Gómez-Angulo G. Directora General de Alabe	Uso de energía eólica	Avda. Europa 18, 28108 Alcobendas, Madrid, España Fono (34-91) 6632971 Fax (34-91) 6630759
Federación Nacional de Comunidades de Regantes de España	Andrés del Campo García Presidente	Aspectos propios de la organización, legislación y representación de regantes	Paseo de la Castellana 114, 28046, Madrid, España Fono (34-91) 5636318 Fax (34-91) 5636253
División Internacional Grupo Acciona	Roberto Hernández de la Rosa	Posible desarrollo de negocios vitivinícolas	Avda. de Europa 18, 28108 Alcobendas, Madrid, España Fono (34-91) 6630659 Fax (34-91) 6630701
Eptisa Internacional	Miguel Angel Gómez Aguado		Princesa 3, 28015 Madrid, España Fono (34-91) 5595152 Fax (34-91) 5473934

TÍTULO DE LA PROPUESTA

3 Gira Tecnológica en manejo y optimización del recurso hídrico en condiciones de extrema aridez (Propuesta A-172)

ENTIDAD RESPONSABLE

Sociedad Agrícola del Norte

COORDINADOR

Guillermo Machala, Secretario Regional
Ministerial de Agricultura, IV Región de Coquimbo

PAÍS DE DESTINO

México y Estados Unidos

CIUDADES

Cuernavaca, Sinaloa (México), Arizona, Phoenix, Yuma, Valle Imperial y Coachella (Estados Unidos)

PARTICIPANTES

- Guillermo Machala, Secretario Ministerial de Agricultura de la Región de Coquimbo¹.
- Leoncio Martínez, investigador de riego de INIA CRI Intihuasi.
- Juan Hernán Torres, ingeniero civil, Junta de Vigilancia de Río Elqui.
- Alejandro Ayres, presidente de la Junta de Vigilancia de Río Elqui.
- Luis Pizarro, Asociación Llanos del Limarí, Embalse Recoleta.
- Aliro Pinto, Primer Director de ACEC, Región de Coquimbo.
- Luis Alfonso Sánchez, Asociación de Canalistas de Camarico.
- Máximo Karl, Comunidad de Aguas Canal de Azapa, Región de Atacama.
- Alejandro Pizarro, Secretario Ministerial de Agricultura de la Región de Tarapacá.

¹ Todos los cargos mencionados corresponden al momento en que se desarrolló la propuesta.

3.1. PROBLEMA A RESOLVER

Como es sabido, la IV Región de Chile corresponde a una de las zonas áridas del país, donde la variable clima es una ventaja comparativa con respecto a otras regiones. Sin embargo, los ciclos de sequía son habituales y han provocado catastróficas consecuencias en la agricultura a través de la historia.

En la actualidad, la región está en condiciones de apostar a que en el siglo XXI sus cuencas hidrográficas estarán totalmente reguladas. Tal es el caso del Valle del Elqui, donde con el término de las obras del embalse Puclaro, sumado al proyecto del embalse Piuquenes, se alcanzará una regulación importante en el Río Elqui, considerando además el embalse La Laguna, que se encuentra operativo bajo la tuición de la Junta de Vigilancia del Río Elqui. En la provincia de Choapa se prevé el término de las obras del embalse Corrales en el río Choapa y la futura concesión a privados del embalse El Bato en el río Illapel. Con respecto a la Provincia del Limarí, como se sabe está operando hace bastantes años el sistema Paloma, compuesto por los embalses La Paloma - Cogotí - Recoleta, obras que han permitido el desarrollo sostenido de esta provincia.

Todas las obras de regulación aseguran el desarrollo y crecimiento de la agricultura, en especial de los cultivos permanentes. Sin embargo, la optimización de los recursos hídricos no ha terminado con la puesta en operación de esos nuevos embalses. Por el contrario, ahora comienza el gran desafío para abordar temáticas como la conducción y distribución de las aguas en los canales, los cuales fueron construidos en su mayoría en el siglo XIX y poseen serios problemas de mantención y operación. Además, también son vulnerables a los fenómenos naturales, puesto que han sufrido serios daños en pasos de quebradas, donde avalanchas de lodo y piedras los han destruido, interrumpiendo el regadío, en algunos casos por semanas, con el consiguiente grave perjuicio al sector agrícola.

Otro aspecto muy importante es la tecnificación del regadío a nivel predial. En la medida que se resuelvan los problemas que se han descrito, se podrá utilizar los ahorros de agua en otros usos, en especial en la habilitación e incorporación a la producción de nuevas hectáreas en cada una de las cuencas de la IV Región.

Asimismo, no se puede descuidar la investigación y desarrollo de nuevas especies de cultivos adaptables a las distintas zonas de la región y que tengan requerimientos de demandas en otros mercados tanto de Latinoamérica como del resto del mundo.

Para enfrentar este desafío se requiere capturar tecnologías de países que han desarrollado políticas, planes, programas, proyectos y obras para la optimización y manejo de los recursos hídricos. Es así como por ejemplo, el sistema de programación de riego implementado en algunos valles de México y Estados Unidos es la técnica más moderna para reducir tasas de riego en los diversos cultivos. Con esto se consigue mayor eficiencia en el uso y aumento del volumen de agua para uso beneficioso dada la gran superficie involucrada.

En la IV Región existen alrededor de 10.000 hectáreas con niveles de sales que pueden afectar la productividad de los cultivos. En Estados Unidos se ha trabajado en el mejoramiento genético de especies como *Lesquerella pendleri*, *Vernoria galamensis* y *Parthenium argentatum*. Es importante conocer el potencial productivo y los requerimientos agroecológicos para estudiar la posibilidad de introducirlas en algunas áreas específicas de la IV Región.

OBJETIVOS

- Conocer la investigación, desarrollo y comportamiento de cultivos bajo condiciones de extrema aridez.
- Conocer experiencias y formas de regadío de esos cultivos con las condiciones ya señaladas.
- Conocer la cantidad y calidad de los recursos hídricos que la zona posee, las obras de infraestructura necesaria, los embalsamientos si los hay, las conducciones, las distribuciones y mediciones de aguas de riego.
- Conocer el tratamiento que se debe realizar a las aguas saladas que sean factibles de aprovechar para enfrentar el gran desafío de la aridez extrema que la zona tiene.

3.3. RESULTADOS Y APLICABILIDAD EN CHILE

3.3.1. Visita a México

Se visitó el Distrito de Riego 075 Valle del Fuerte, ubicado en el estado de Sinaloa. Este distrito se encuentra en la cuenca que comprende a los ríos Fuerte y Sinaloa, los cuales forman las dos cuencas más grandes de la entidad, con el 50% del total del área hidrológica. El Distrito de Riego tiene una superficie de riego de 228.000 hectáreas, con 17.841 usuarios y posee una infraestructura de riego de tres embalses (Huites con 2.908 mill. m³, Miguel Hidalgo con 2.921 mill. m³ y Josefa Ortiz con 400 mill. m³) 188 km de canales, 283 km de drenes, 325 obras de arte en canales, tres plantas de bombeo y 76 pozos profundos.

El Distrito de Riego se subdivide en 13 módulos de riego (equivalente a las secciones de los ríos en Chile) con superficies que varían entre 6.900 y 34.300 hectáreas.

Considerando la intención de siembra de sus regantes y clasificando los cultivos según su demanda hídrica (baja, media o alta), cada módulo solicita a la Comisión Nacional del Agua (CNA) los volúmenes que necesita utilizar. La CNA, basándose en los pronósticos de demanda de agua (determinados en tiempo real por la Red Mayor), entrega los volúmenes solicitados en los embalses principales.

La CNA controla el agua desde los embalses hasta un embalse derivador llamado «El Sufragio». A partir de él, son los regantes quienes administran el recurso hídrico. La CNA estima eficiencias para el sistema de 80% en la conducción, 75% en distribución (módulos) y 65% en la aplicación. De la totalidad de la superficie regada sólo 9.000 hectáreas poseen sistema de riego presurizado.

El usuario debe pagar por adelantado un valor de US\$ 10 a US\$ 31 por hectárea, que se reparte entre la CNA y la administración del módulo de riego. Si un módulo se atrasa en su pago, la CNA le corta el agua.

Cada módulo cuenta con una adecuada y capacitada planilla profesional, con un gerente de nivel ingeniero y con agrónomos o ingenieros encargados del manejo y distribución del agua en terreno, una tarea que en Chile la desarrollan personas con escasa preparación.

El distrito está organizado y administrado por la «Junta de Red Mayor», que es una sociedad de responsabilidad limitada con un presupuesto anual de operación de US \$ 7.000.000. La red mayor posee un servicio de pronóstico de la demanda de riego en tiempo real basándose en una red de 13 estaciones meteorológicas automáticas, informando en forma diaria las necesidades de riego, considerando además las características de los suelos y el estado de desarrollo de los diferentes cultivos.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) es el organismo del Estado encargado de realizar la investigación en riego, desarrollar, adaptar y transferir tecnologías de riego, prestar servicios tecnológicos y preparar recursos humanos calificados para el manejo, conservación y recuperación del agua (y suelos), con el fin de contribuir al desarrollo sustentable del país.

El IMTA cuenta con 304 investigadores, especialistas en diferentes disciplinas de la ciencias y tecnología del agua, 107 de los cuales cuentan con estudios de postgrado.

Otra institución existente es el Centro Nacional de Tecnología de Riego y Drenaje (Cénatryd), encargado de la capacitación de profesionales de todo el país en el tema de los distritos de riego, tecnificación y transferencia tecnológica, entre otros. Ellos

capacitan a los técnicos y profesionales provenientes de asociaciones de usuarios de riego del país, así como de la CNA en temas de operación, conservación y administración de los distritos y módulos de riego.

El módulo Santa Rosa es el más grande con 34.300 hectáreas y dispone para su operación y trabajos de conservación con un presupuesto anual aproximado de US \$ 1.500.000. La administración está a cargo de un equipo técnico y directivo con una buena preparación profesional.

El sistema de riego subsuperficial consiste en un riego por cintas en el cual la cinta o la tubería de riego va enterrada, por lo que el agua se entrega directamente en la zona de raíces, sin salir a la superficie. Este sistema reduce la evaporación, que es un gran problema en esta zona desértica y colabora con la reducción de la población de malezas, al no disponer éstas de más agua para su germinación y crecimiento.

Su uso está probado en hortalizas, por eso se visitó por ejemplo, un cultivo de 100 hectáreas de papas plantadas gracias a este sistema, en el Campo California Los Mochis. Las cintas pueden tener una duración de 4-5 años mientras que las tuberías de goteo pueden estar 20 años enterradas en el suelo sin sufrir ningún deterioro y sin ser estropeadas por las labores superficiales del suelo. La medida a considerar es sembrar cultivos con la misma separación entre las hileras.

También se visitó la empresa de producción y exportación de tomates más grande de México, Agrícola Yori, así como las instalaciones, invernaderos, líneas de producción y de packing, poniéndose gran atención a la implementación de las medidas HACCP para la seguridad e higiene de los alimentos y la aplicación de normas ISO 9000.



Centro de producción de almácigos
Granja Yori, Guasave, Sinaloa

Aplicabilidad de la experiencia mexicana en Chile

De acuerdo a los antecedentes y la experiencia capturada en México, para que este modelo pueda ser aplicado en Chile, especialmente en la IV Región, se hace necesario potenciar en forma sostenida el fortalecimiento de las organizaciones de regantes, las cuales son entes fundamentales para organizar y operar un posible distrito de riego.

Es necesario dar inicio a un proyecto piloto de «Distrito de Riego», donde las inversiones que se requieren deban ser financiadas utilizando todos los instrumentos que actualmente posee el Estado. De esta forma dicho proyecto podrá ser un ejemplo para otras organizaciones de regantes.

La aplicación de un modelo como el analizado debe ir acompañada por la formación y/o capacitación de profesionales y técnicos en los diferentes ámbitos involucrados en una propuesta de este tipo. Además, la experiencia mexicana muestra la necesidad de contar con un recurso humano adecuadamente capacitado.

Es importante destacar la experiencia lograda por los profesionales mexicanos en el tema, quienes podrían contribuir a mejorar la gestión del recurso hídrico en las agrupaciones de usuarios de nuestro país.

La existencia de redes agrometeorológicas y un servicio de pronóstico de riego en tiempo real es una herramienta fundamental para hacer un uso racional y eficiente del recurso hídrico y que debiera ser implementada por las organizaciones de regantes con apoyo privado y estatal.

3.3.2. Visita a Estados Unidos

Se realizaron visitas a diferentes instituciones relacionadas con el tema del agua: empresas privadas y obras de infraestructura de riego en los estados de Arizona, Nevada y California. Las organizaciones de riego en Estados Unidos se organizan en torno a los distritos de riego que tienen importancia y poder, sobre todo cuando las leyes de los estados las protegen. La distribución y el cobro del agua se hace en relación al volumen del recurso y, en Arizona, por ejemplo, tiene valores que fluctúan entre 8,5 y 14,5 pesos/m³ (en moneda mexicana). Sin embargo este valor va a depender del lugar de entrega del agua y los costos que eso pueda involucrar. Es así como en San Diego el agua puede alcanzar un valor de 25 pesos/ m³, llegando en algunas zonas a cifras de 42 pesos/ m³.

Los servicios sanitarios para las poblaciones no pagan las tarifas, salvo cuando las ciudades requieren una mayor dotación de agua que las asignadas originalmente por las leyes de cada estado, por lo que deben adquirir nuevos derechos de agua para resolver problemas de expansión.

Visita al U.S. Water Conservation Laboratory en Phoenix, Arizona

Esta institución estatal tiene como una de sus actividades principales la evaluación de proyectos de riego, estudios de evapotranspiración de cultivos, medición de flujos, detección remota y conservación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. También se conocieron algunas experiencias que este instituto desarrolló como:

- Evaluación de nuevos cultivos para zonas áridas como *Lesquerella* y *Vernonia*, que pueden producir aceites y lubricantes
- Manejo de prácticas de riego
- Manejo del nitrógeno
- Predicción de la contaminación de los acuíferos con nitratos
- Frecuencias y eficiencias de riego
- Simulación computacional de riego superficial
- Movimiento de productos químicos en agua y suelos
- Desarrollo de aforadores y softwares apropiados para las mediciones de caudales en diferentes condiciones

Visita a al proyecto Central Arizona Project (CAP) y embalse New Waddell

Este proyecto capta, conduce y administra aguas del río Colorado, abasteciendo a zonas y ciudades tan importantes como Phoenix y Tucson. La infraestructura para la conducción y distribución consta de canales revestidos, túneles, sifones, embalses (New Waddell Dam) y plantas de bombeo, necesarias para la conducción en condiciones de topografía desfavorables. El proyecto cuenta con dispositivos de control remoto (vía ondas radiales) para compuertas, válvulas y sistemas de bombeo, los cuales son operados desde un panel de control central, desde donde se envían las órdenes para que actúen los dispositivos eléctricos de cada unidad (válvula, compuerta) en forma coordinada.



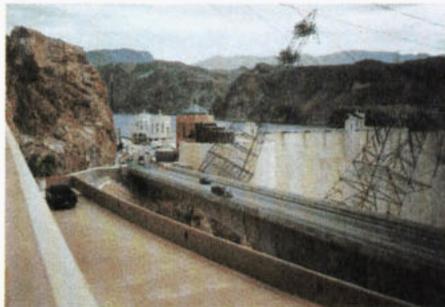
Centro de control. Central Arizona Project. Phoenix, Arizona

El CAP es capaz de administrar y conducir entre 1.800 y 2.160 millones de m^3 en un trayecto de 500 km, y es capaz de generar electricidad en diferentes plantas de sus sistemas, la cual es utilizada para sus plantas de bombeo, vendiéndose gran parte de ella con el objetivo de pagar la inversión (Gobierno Federal e inversionistas privados). Sin embargo, los costos de operación y mantenimiento del sistema deben ser cancelados por los usuarios, con un costo estimado en 50 pesos/ m^3 .

Visita a la presa Hoover, Nevada

La presa Hoover embalsa cerca de 35.000 millones de metros cúbicos del río Colorado y ha sido beneficiosa para diferentes objetivos, como los siguientes:

- Ha permitido asegurar el riego en cerca de 400.000 hectáreas en Estados Unidos y 200.000 hectáreas en México.
- Es reservorio del agua potable para grandes ciudades con más de 18 millones de habitantes.



Represa Hoover, Nevada

- Se instaló en la presa una estación hidroeléctrica que genera más de 4.000 millones de kWh al año, constituyéndose la venta de la energía producida, en el recurso utilizado para pagar a la Tesorería Federal la mayor parte de los costos de la presa.
- El lago Mead, formado aguas arriba de la presa, se ha transformado en un gran centro turístico con 12 meses de temporada y con más de nueve millones de visitantes cada año.
- Ayuda al control de las inundaciones aguas abajo y al mejoramiento de la navegación en el río.

Visita a invernaderos Eurofresh, Willcox, Arizona

Invernaderos Eurofresh es una compañía holandesa establecida con una inversión de US\$150 millones. Posee 100 hectáreas de invernaderos de vidrio para la producción de tomates de diferentes variedades. La productividad es de 750 ton/ha. El sistema productivo consiste en controlar todas las variables que afectan el crecimiento y desarrollo del cultivo como temperatura y humedad ambiental, control de la concentración de CO₂, riego localizado y fertirrigación en sustrato inerte (hidroponía), polinización, control de enfermedades y plagas (control biológico). La cosecha y labores se realizan en forma manual, mientras que el transporte del producto hasta el *packing*, la selección y el embalaje se realizan en forma automática.

La eficiencia económica por el uso del agua en una producción de este tipo es de 49 pesos/litro. Comparativamente en el caso del algodón esta eficiencia alcanza sólo a 1,4 pesos/litro. El agua de drenaje en este sistema es desinfectada para su posterior reutilización en los mismos invernaderos.



Invernadero de tomates Eurofresh. Willcox, Arizona

Esta empresa está ubicada próxima a una carretera interestatal que conecta con los grandes centros de consumo y cercana al límite con México. Esto le permite contratar personal a menor sueldo, además de contratar a reclusos para las mismas labores, bajando así sus costos. Según el Dr. Merle Jensen de la Universidad de Arizona, estos sistemas productivos predominarán en los países desarrollados, mientras que sistemas productivos extensivos, de bajo nivel tecnológico y de baja rentabilidad, serán exclusivos de países en vías de desarrollo.

Gran parte de las tecnologías usadas en el sistema productivo visitado pueden ser adoptadas en Chile. De hecho algunas ya se utilizan, a menor escala y con tecnología propia o modificada y con menores costos de inversión y operación. Sin embargo, para

llegar a realizar una inversión tan alta, con toda la tecnología vista, sería necesario tener condiciones muy favorables respecto al tamaño del mercado y estabilidad de los precios, bajando de todas formas los costos de operación.

Visita a Senoita Vineyards, Elprida, Arizona

Se visitó una viña con un sistema de captación y almacenamiento de aguas lluvias que permite complementar la presencia de un pozo para regar por goteo 40 hás de viñas. El sistema consiste en remover el material vegetal de la parte superior de la pequeña hoyo hidrográfica, tratando la superficie del suelo con sal para sellarlo. El paso siguiente es construir un tranque de acumulación en la parte baja de la cuenca.

En Chile podría aplicarse esta tecnología en zonas de mayor pluviometría en predios que cuenten con quebradas de suficiente capacidad para acumular las aguas lluvias. Es difícil pensar en establecer un sistema como éste cuando pueden ocurrir ciclos de varios años de sequías agudas, como las que se dan en la IV Región.

Visita a Sundance Farm, Casa Grande, Arizona

La granja Sundance produce hortalizas durante todo el año en forma intensiva en 200 hectáreas utilizando en toda su superficie el sistema de riego subsuperficial (SDI, Subsurface Drip Irrigation).

Este riego subsuperficial ha sido implementado para permitir mejorar el manejo del agua y la eficiencia de su uso. El sistema consiste en instalar una cinta de riego a una profundidad de 10 a 15 centímetros para evitar su deterioro. Una cinta manejada bajo estas condiciones tiene una duración tres a cuatro veces mayor que una cinta al aire libre.

Este sistema va acompañado del uso de implementos adaptados para colocar y sacar la cinta, controlar malezas y laborear el suelo con la cinta enterrada. El diseño de las máquinas fue realizado por la propia empresa que actualmente las fabrica para su comercialización. Este tipo de tecnología debe ser probada en Chile ya que permite un mejor manejo del agua y una mayor durabilidad de la cinta. Los implementos a utilizarse son sencillos y podrían fabricarse en el país. Hay que conocer bien el manejo de este sistema, en especial respecto del control de las raíces de las especies cultivadas o malezas que puedan obturar las salidas. Esta tecnología puede implementarse fácilmente en superficies pequeñas (invernaderos). Sin embargo, a mayor escala hay que considerar aspectos como la presencia de mayor pedregosidad y la nivelación de los suelos, aspectos que no acompañan las características de los terrenos agrícolas en la IV Región.

Visita a Maricopa Agricultural Center, Maricopa, Arizona

La Estación Experimental de Maricopa es parte del sistema de investigación y transferencia de tecnologías de la Universidad de Arizona. En ella trabajan 45 investigadores en áreas de instrumentación, agrometeorología, riego y drenaje, cultivos, medio ambiente y producción animal, entre otros. Cuenta con una superficie de 800 hectáreas de riego y recibe el agua por una red de canales perteneciente al distrito Maricopa-Stanfield.

El Dr. Robert Roth realizó una exposición técnica del centro Experimental de Maricopa y del manejo del agua en el Distrito de Riego Maricopa -Stanfield.

Aspectos generales sobre el manejo de las aguas en Maricopa

Los Distritos de Riego están a cargo de un directorio de agricultores, elegidos por sus pares. Existen dos tipos de usuarios del agua, aquellos que son dueños del agua y aquellos que no tienen agua. Las aguas dentro del distrito se pueden trasladar o mover, es decir se puede vender o arrendar. El agua debe ser cancelada con anticipación a su uso. Cuando hay escasez de agua los agricultores reducen sus cultivos en proporción al nivel de la reducción del recurso. El distrito no sólo controla el agua superficial, sino que también lo hace con el agua subterránea.

El distrito de riego tiene un gerente y un maestro de agua, este último es responsable de los movimientos del agua en lo que se refiere a su cantidad y oportunidad. El agua para regar un determinado predio debe ser solicitada con dos a tres días de anticipación. Cada sitio o zona de riego posee un medidor de caudal las 24 horas del día. Los canales son revestidos de concreto. Si existe alguna falla o rotura y el agricultor quiere detener el envío del agua que ya había solicitado, debe cancelar US\$ 100 para este efecto. Las transferencias o traslados de volúmenes de agua dentro del distrito tienen precios del orden de 0,5 a 5,0 pesos/m³. Todos los agricultores usuarios deben pagar por igual un valor de US\$ 123,5 /ha/año, equivalente a un impuesto destinado a pagar al Gobierno Federal la inversión realizada en infraestructura de riego.

La política actual de financiamiento de obras mayores de riego contempla financiamiento directo del Gobierno Federal e inversionistas privados a través de bonos, siendo éstos préstamos con bajas tasas de interés.

La calidad de las aguas superficiales está afectada por altos contenidos de sodio, con valores de hasta 2 mg/L, siendo la situación más aguda en el caso de las aguas subterráneas.

En el Maricopa Agricultural Center se está investigando en el manejo de riego en especies frutales y en evaluaciones de nuevos cultivos para estas zonas áridas como son el *guayule* (caucho), *hesperaloe* (fibra de excelente calidad para billetes y documentos confidenciales) y *lesquerella* (aceites).

La construcción de un canal secundario, realizada en 1903 por el Gobierno Federal, permitió el desarrollo agrícola de 7 distritos de riego en Yuma Mesa y dos distritos en California (Valle Imperial y Valle de Coachella).



Participantes de la gira conversando con especialistas del centro de investigación en Yuma

En Yuma llueve un promedio de 75 mm al año, la temperatura máxima sobrepasa los 45°C en verano, siendo las temperaturas medias en invierno de 18°C, con escasas heladas. Tiene un clima seco y se encuentra a una distancia de 96 kilómetros de la costa.

En Yuma se realizan cultivos de invierno (coliflores, brócoli y lechugas), en una superficie estimada de 50.625 hectáreas, de las cuales 15.000 son sólo lechugas. Estos cultivos están orientados a suplir de vegetales frescos a estados con inviernos más intensos. Los principales cultivos de verano corresponden a trigo, alfalfa, maíz y algodón. Son importantes las plantaciones de cítricos (limones, naranjos y limas), las cuales se ubican en Yuma Mesa o zonas altas. Se estima que se cultivan anualmente 502.200 hectáreas, con un valor de US\$ 250 millones, lo que genera un gran movimiento de mano de obra entre Yuma y California.

En cada condado existen extensionistas y agencias que trabajan directamente con los agricultores fomentando la eficiencia del uso del agua además del desarrollo de otros tópicos productivos y de manejo.

Los derechos de aguas se han asignado a través del tiempo (hay una asignación base para los usuarios, según disposición del Gobierno Federal), haciéndose las asignaciones por adquisición de derechos o cuotas de agua, según la disponibilidad de los recursos.

Operan en la zona usuarios ilegales que provocan daños a usuarios que tienen sus derechos constituidos.

Existen fuertes disputas por el agua entre los siete distritos de Yuma y los dos distritos de California, además de los problemas entre Estados Unidos y México, por las mismas aguas. Por un tratado vigente Estados Unidos está obligado a entregar a México una cantidad mínima de agua del río Colorado, la que debe ser de una calidad determinada por lo cual se ha instalado una planta desalinizadora que tiene un costo de 110 pesos/m³ de agua tratada y sólo opera cuando existen sequías agudas.

La ciudad de Yuma sigue creciendo y necesita de mayor dotación de agua. Las aguas traspasadas a la ciudad, para su uso doméstico e industrial, deben ser canceladas por la ciudad de Yuma, en relación a la superficie/volumen (acre/pie) habilitada para urbanización. La infraestructura de regadío, además de usarse eficientemente para desarrollar proyectos agrícolas, se ha potenciado en diferentes áreas de desarrollo para el sector, tales como: almacenamiento de agua de riego, desarrollo de vida acuática en los embalses, calidad del agua para suministro de agua potable, control de crecidas del río, generación de energía eléctrica, uso en recreación y deportes náuticos.

De esta forma, se optimiza y rentabiliza la infraestructura hidráulica, convirtiéndose en un interesante polo de desarrollo de variadas actividades. En este caso son los agricultores los que administran las plantas hidroeléctricas, generándose cerca de 30 millones de kWh por año.

El valor del agua en Yuma es bajo debido a que ésta es conducida íntegramente en forma gravitacional y no necesita de estaciones de bombeo. Y como las obras hidráulicas tienen más de 90 años, las inversiones ya están amortizadas. Así, los valores por la operación y mantención que deben pagar los agricultores son de 26 pesos/m³. Si el agricultor se excede de la cantidad acordada o asignada, debe pagar por cada m³ adicional un valor de 5,3 pesos. Los requerimientos de agua deben ser solicitados por los agricultores con una semana de anticipación, ya que las aguas demoran entre 3 y 4 días en llegar al punto de entrega. El pago debe ser por anticipado y sólo se da el agua si ya se ha cancelado. La asociación de regantes de Yuma tiene un presupuesto estimado en US\$ 4.000 millones.



Centro de control del Coachella Irrigation District
Coachella, California

Conclusiones y aplicabilidad de la experiencia de Estados Unidos en Chile

Queda muy claro que las obras de infraestructura hidráulica como los embalses pueden ser utilizados de manera mucho más eficiente, ampliando su ámbito de acción a:

- Almacenaje de agua para riego
- Suministro de agua para agua potable
- Generación de energía eléctrica
- Establecimiento de áreas de recreación y deportes náuticos
- Protección y conservación de la flora y la fauna
- Establecimiento de zonas de camping y paseos

Con estas medidas se puede potenciar el desarrollo general de la zona de acción de estas obras. La aplicación de estos posibles usos está considerada en parte en las nuevas políticas del manejo de recursos hídricos en nuestro país. Sin embargo, algunas de ellas, como la generación de electricidad, pasan por el tipo de obra e inversiones involucradas y por la propiedad de derechos de uso no consuntivo.

Para optimizar el uso eficiente del recurso hídrico es necesario mejorar la gestión de las grandes obras hidráulicas, profesionalizando el personal que administra, opera y mantiene las obras. Esta profesionalización puede ser impulsada por el Estado en un comienzo. Sin embargo, en el mediano plazo deben ser los usuarios quienes financien una planilla profesional adecuada a sus necesidades.

Tal como se realiza hoy en Estados Unidos, es necesario hacer un uso racional de los recursos hídricos subterráneos, utilizando para ello aguas superficiales de proyectos grandes con economías de escala para suplir bombeos individuales o bien inyectar esas aguas superficiales en el subsuelo, para recargar acuíferos que han sido sobreexplotados.

Para que en Chile se pueda llegar a este nivel de decisiones, es necesario mejorar varios aspectos respecto a la administración del recurso hídrico. Eso hace que sea más factible de implementar cuando el agua sea manejada a nivel de cuencas hidrográficas.

Es importante realizar una mantención y reparación oportuna de las obras y sus dispositivos, lo que hace eficiente su operación y disminuye los gastos de reinversión para recuperar obras que han sido inutilizadas por un nulo mantenimiento. Digna de destacar es la mantención de las turbinas de la presa Hoover, que fueron instaladas en 1930 y hasta la fecha operan correctamente y sin ruidos en sus cojinetes. La aplicabilidad de un programa adecuado de mantención de obras hidráulicas pasa por encontrar la fórmula de financiamiento que se pretende abordar actualmente por el sistema de concesiones y que debe ser principalmente financiada por los usuarios.

Es interesante la investigación aplicada realizada en el tema de los dispositivos de medición y control del agua en canales y tuberías, aspecto que puede ser adaptado sin mayores problemas a las condiciones de nuestro país y, específicamente, de la IV Región. Evidentemente es necesario diversificar la producción agrícola de la IV Región, por medio de la evaluación de nuevas especies, tal como se realiza en Estados Unidos con el *guayule*, *hesperaloe*, *lesquerella* y *vernonia*.

En diferentes sistemas visitados se observó la presencia de un contador de agua ubicado a la entrada de cada predio, lo que establece claramente la cantidad de agua usada por cada agricultor y lo que debe pagar. Esta medición hace que el sistema sea más transparente y equitativo.

Considerando lo analizado anteriormente, queda clara la diferencia tecnológica que existe entre ambos países y el enorme trabajo que queda por delante para llegar a hacer un racional y óptimo uso del recurso hídrico, lo que pasa por avanzar en términos de:

- Registros de cultivos y sus requerimientos hídricos
- Implementación de un sistema de pronóstico de riego en tiempo real
- Mejorar infraestructura de riego en términos de conducción, medición y control
- Capacitación y transferencia de tecnologías de riego a agricultores
- Mejorar la gestión de la administración del agua, por medio de la capacitación y formación de los encargados de su manejo; mejorar el sistema de medición y sistema de información para hacerlo más actual y fiable, así como el sistema de asignación de recursos según necesidades reales
- Incorporación y aceptación de la idea de que deben ser los usuarios quienes deben financiar la mantención y la operación de las obras hidráulicas y del sistema de administración del recurso

3.4. CONTACTOS ESTABLECIDOS

INSTITUCIÓN	NOMBRE	DIRECCIÓN, FONOS, FAX, E-MAIL
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Benjamín de León	Fono (52) 73194288 Fax (52) 9173194220
Congreso Internacional de Transferencia de Sistemas de Riego (abril de 2000)	Waldo Ojeda Director de Finanzas	Paseo Cuauhnáhuac N° 8532 Progreso, Jiutepec, Mor., 62550, México Fono (52) 73194000 ext. 727 Fax (52-73) 193544
Red del Valle del Fuerte, S. de R. L. de I. P. y C. V	Luis Ramírez Presidente Marcial Ordoñez Guillermo Prieto	Los Mochis, Sinaloa, México Fono (52) 68180140/41 Email dr075@apsys.com.mx
Asociación de Usuarios Productores Agrícolas de Santa Rosa Módulo III-1-A. C	Ricardo Ávila Presidente del Consejo de Administración	Los Mochis, Sinaloa, México Fono (52) 68182809 Fax (52) 68182809
Módulo de Riego Santa Rosa	Jesús Zamorano Ingeniero Agrónomo	Morelos 510 Pte. Esq. Angel Flores, Los Mochis, Sinaloa, México
Agrícola Yory, S. P. R. de R. I.	Vidal Sotelo Leal Líder de producción	Km 61/2 Carret. A Las Glorias, Guasave, Sinaloa, México
U. S. Water Conservation Laboratory	Dr. Eduardo Bautista	4331 E. Broadway Rd, Phoenix, AZ 8572, Estados Unidos Internet www.uswcl.ars.ag.gov
Universidad de Arizona, Departamento de Ingeniería Agrícola y Biosistemas	Dr. Donald C. Slack Agricultural Engineer PE.	Shantz Bldg. N°38, Room 403, Tucson, AZ 85721, EE.UU Fono 520-6217230 Fax 520-6213963 Email dcslack@ccit.arizona.edu
Universidad de Chile, Escuela de Agronomía	Julio Haberland Docente (realizando doctorado en la Universidad de Arizona)	Email jhaberla@u.arizona.edu
Central Arizona Project		Internet www.cap-az.com
Universidad de Arizona, Plant Science Dept.	Dr. Merle Jensen	Forbes Building, Room 303, Tucson, AZ 85721, Estados Unidos

TITULO DE LA PROPUESTA

4 Consultoría en el «Estudio conceptual de caracterización de aguas subterráneas en el Valle de Aconcagua e incidencia de y hacia otras cuencas» (Propuesta B-015)



El Dr. Curry en entrevista de prensa

ENTIDAD RESPONSABLE

Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía,
La Palma, Quillota. Casilla 4-D Quillota, V Región

COORDINADORES

Levi Mansur, Profesor Titular, Facultad de Agronomía,
Universidad Católica de Valparaíso, y María Helena Moreira,
Instituto de Ciencias Aplicadas de la V Región

CONSULTOR

Robert Curry, experto en recursos hidrológicos subterráneos
y manejo de aguas de deshielo

INSTITUCIÓN

Universidad de Santa Cruz, Estados Unidos.

Santa Cruz, California 95064

Tel. 408-4594061, 4269604, 4266131

E-mail curry@cats.ucsc.edu

ESPECIALIDAD

Recursos hidrológicos, meteorología, climatología, análisis, medición y manejo de aguas de deshielo, geomorfología fluvial, estudios de sistemas de cuenca hídrica, erosión y formación de suelos, recuperación de esteros y vegas.

FECHA DE EJECUCIÓN

Octubre -noviembre de 1997

LUGARES DE VISITA

Santiago, Los Andes, Quillota y Putaendo

4.1. PROBLEMA A RESOLVER

La severa crisis de escasez del recurso vital de agua que se vive en la Cuenca del Aconcagua y la Provincia de Los Andes en particular, hace indispensable preparar y desarrollar proyectos locales con la finalidad de conservación y uso optimizado del agua subterránea en riego y usos potables en tiempos de sequía.

En particular, el trabajo debe enfocarse a las aguas subterráneas del valle, su cuantificación y caracterización desde el punto de vista de su aprovechamiento técnicamente optimizado, sus vulnerabilidades y los cuidados para su preservación, su balance con los recursos de escorrentía superficial, las proyecciones de su demanda y la dependencia de su extracción con finalidades fuera de la cuenca.

4.2. OBJETIVOS

- Realizar entrevistas con especialistas nacionales y Focus Group, para detallar la información hídrica existentes en Chile.
- En base al conocimiento del valle, definir a nivel conceptual las medidas para el aprovechamiento de las aguas de reservorios naturales (glaciares, acuíferos) para uso y conservación en tiempos de sequía.
- Iniciar un proyecto más amplio de trabajo con la formación de un equipo técnico local, vinculado directamente con centros científicos norteamericanos, para intercambio permanente de información climatológica e hídrica entre Chile y Estados Unidos, y donde participen activamente los agricultores de la región.

4.3. RESULTADOS Y APLICABILIDAD EN CHILE

A través de las observaciones y estudios de terreno de la cuenca del río Aconcagua, el consultor ha propuesto una tecnología que consiste principalmente en un programa masivo de perforación de pozos y tecnificación de riego agrícola.

Normalmente el almacenamiento de agua en Latinoamérica, y en Chile en particular, se ha hecho mediante la construcción de embalses sobre la superficie. El consultor ha estimado que aunque un embalse es técnicamente posible, no es sustentable a largo plazo, debido a la alta carga de sedimentos que transporta el río Aconcagua.

Como alternativa, se propone utilizar técnicas que disminuyan la velocidad del flujo de agua del río en tiempos de exceso de agua, de manera que una mayor cantidad de agua se infiltre a las napas que naturalmente existen debajo de la superficie. Consecuentemente, esto traería una elevación del nivel de las napas, lo que permitiría la construcción de pozos de menor profundidad. La situación es similar a lo que ocurre naturalmente en la segunda sección del río, donde debido a la vegetación y menor pendiente, el río recarga constantemente las napas, encontrándose agua en perforaciones de diez metros o menos.

La tecnología antes descrita se refiere al Modelo de Uso de Sistemas Integrados, (Conjunctive Use Model), un sistema de manejo de aguas de deshielo, anegando vegas y protegiendo las riberas del río en tiempos de mucha agua, para filtraje y captura de reserva en napas subterráneas para tiempos de sequía.

Este sistema integrado incluye la construcción de embalses subterráneos simples, pozos de inyección de agua en las napas subterráneas y un sistema de pozos de poca profundidad para recarga de los canales en tiempos de sequía. Específicamente, consiste en implantar

planchas de acero en la tierra hasta la profundidad de aproximadamente 10 a 20 metros, formando embalses subterráneos que tienen la finalidad de disminuir la velocidad del flujo de agua para levantar la napa subterránea hasta unos 10 a 20 metros sobre la superficie (como un embalse superficial que forma un lago, pero bajo dicha superficie).

Esta napa cerca de la superficie forma reservas hídricas en tiempos de mucho flujo, que pueden ser fácilmente capturadas por pozos de no más de 20 metros de profundidad, que podrían bombear el agua acumulada para los canales de riego en tiempo de sequía.

Se ha considerado entonces muy importante realizar un proyecto con la colaboración de todas las instituciones vinculadas al manejo de los recursos hídricos del país, el cual servirá para ayudar a solucionar el problema de agua de una región de escasos recursos y como «experimento piloto» del funcionamiento del sistema integrado en Chile.

Los expertos participantes en esta consultoría estimaron que era factible utilizar esta tecnología en Putaendo, estudiando su funcionamiento en una cuenca adyacente al río Aconcagua, que tiene la ventaja de constituirse en área de conservación de uso de agua y de geología subterránea, fácilmente utilizable para la captura y reserva de aguas.

Se estimó también la necesidad de desarrollar un proyecto integrado para la instalación de equipos de medición de tiempo real de la temperatura profunda del mar (50 metros) y de los deshielos de los glaciares de mucha altura (más de 5.000 metros). Estos equipos en forma permanente estudiarían y seguirían los cambios climáticos haciendo predicciones anticipadas (hasta 9 meses) con un 80 a 90% de precisión, de las nieves y lluvias en tiempo de invierno y previendo así inundaciones y/o sequías.

El consultor especificó que esta tecnología se utiliza actualmente en California, y que estas predicciones permiten además planificar el riego de deshielo y la conservación de agua a través de captura subterránea en el sistema de embalses y pozos para uso en tiempos de sequía.

En la incorporación de la tecnología antes señalada, es muy importante analizar varios aspectos en nuestro país. Por ejemplo las leyes de derecho de agua, tanto superficiales como subterráneas; las especificidades de la cuenca del río Aconcagua y la forma de su lecho, la acentuada pendiente, la cantidad de sedimento que descarga, y la manera por la cual el río recompone las vegas y recarga las aguas subterráneas.

4.4. CONTACTOS ESTABLECIDOS

Durante la visita el consultor y los profesionales responsables de la consultoría tomaron contacto con una serie de autoridades, agricultores e instituciones y empresas, muchos de cuyos profesionales participaron activamente en los Focus Group y colaboraron en la ejecución de la consultoría. A continuación se mencionan estas entidades:

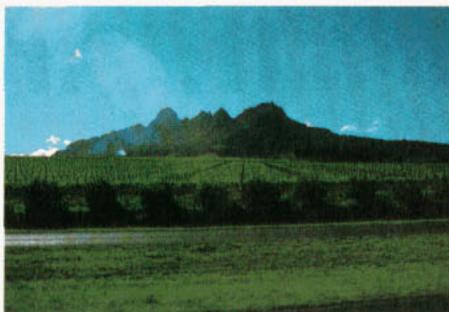
- Instituto Geográfico Militar.
- Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, Profesora Irma Vila.
- INGENDESA, Profesor Guillermo Cabrera Fajardo, Estudio de la Cantidad de Aguas en la Cuenca del Aconcagua para la Dirección General de Riego.
- Servicio Agrícola y Ganadero, Juan Carlos Cuchacovich, jefe del Departamento de Protección de Recursos Naturales.
- Servicio Agrícola y Ganadero, Mario Lagos, jefe del Subdepartamento de Conservación de Suelos y Agua.
- Asociación de Agricultores Santa Rosa de Los Andes, Presidente de la Asociación, Rodrigo Echeverría y Director, Carlos Rivacoba.
- Asociación de Canalistas Primera Sección Río Aconcagua. Presidente Francisco Perinetti.
- Río Blanco, CODELCO, División Andina. Expertos en meteorología e hidrología, Ricardo Bensen, Antonio Varas y Ricardo Vargas.
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.
- Ilustre Municipalidad de Los Andes, Alcalde Octavio Arellano.
- Dirección General de Aguas (DGA), Director Humberto Peña y Dr. Carlos Salazar, ingeniero jefe del Departamento de Estudios y Planificación de la DGA.
- Dirección General de Riego (DGR). Subdirector Juan Arrese.
- Universidad Técnica Federico Santa María, Profesor Ludwig Stowhas.

II. Area Mejoramiento tecnológico

Esta área tiene por objetivo la modernización de la empresa agrícola con la incorporación de nuevas tecnologías, incluyendo las de riego. La disponibilidad de riego seguro a nivel predial permite la incorporación de cultivos de mayor rentabilidad y elevar los márgenes de utilidad de los agricultores. Dicha transformación requiere incorporar nueva tecnología y capacitar a los agricultores. Este desarrollo productivo se logra con investigación adaptativa y transferencia tecnológica en manejo del agua y cultivo, que permitan lograr el máximo de potencial productivo de las áreas regadas.

TITULO DE LA PROPUESTA

5 Gira tecnológica en manejo de suelos y aguas para la producción de uva de mesa (Propuesta A-078)



Viñas en Ciudad del Cabo

ENTIDAD RESPONSABLE

Instituto de Investigaciones Agropecuarias,
Centro Regional de Investigación - La Platina.
Santa Rosa 11610, La Pintana, Santiago
Fono (2) 5417223
Fax (2) 5417667

COORDINADOR

Gabriel Sellés, investigador INIA CRI La Platina

PAÍSES DE DESTINO

Sudáfrica y Namibia

CIUDADES

Capetown, Stellenbosch, Hex River Valley, Wellington, Paarl,
Upington y Pretoria (Sudáfrica)

PARTICIPANTES

- Gabriel Sellés, investigador INIA La Platina.
- Rafael Ruiz, investigador INIA La Platina.
- Raúl Ferreira, investigador INIA La Platina.
- Gonzalo Contreras, ingeniero agrónomo INIA La Platina, San Felipe.
- Rodrigo Ahumada ingeniero agrónomo INIA La Platina, San Felipe.
- Rodrigo Echeverría, productor, Asociación de Agricultores Santa Rosa de Los Andes.
- Julio Galdames, productor, Asociación de Agricultores Santa Rosa de Los Andes.
- Juan Pacheco, productor, Asociación de Agricultores Santa Rosa de Los Andes.
- Luis Contreras, productor, Asociación de Agricultores de San Esteban.
- Jorge Ahumada, productor, Asociación de Agricultores de Aconcagua.
- Guillermo Zúñiga, productor, Asociación de Agricultores de Aconcagua.
- Alfredo Sat, productor, Asociación de Agricultores de Aconcagua

FECHA DE EJECUCIÓN

Octubre de 1997

5.1. PROBLEMA A RESOLVER

El Valle de Aconcagua es uno de los más importantes de Chile en la producción de fruta fresca de exportación, en particular de uva de mesa. Tiene una superficie cercana a las 85.000 hectáreas y en las provincias de San Felipe y Los Andes, la superficie plantada con uva de mesa de exportación alcanza a las 11.500 hectáreas.

La producción de uva de mesa obtenida en la zona ha experimentado en los últimos años una disminución progresiva y preocupante, tanto en cantidad como en calidad, problema que no se puede atribuir a la edad de los parrones, puesto que de acuerdo al último catastro frutícola sólo un 13% de los parronales tiene más de 15 años. Por la complejidad de este fenómeno, el tema se ha tenido que abordar con la participación de un equipo multidisciplinario que integre conocimiento del manejo de suelos, manejo de riego, nutrición mineral, sanidad vegetal y manejo agronómico, para determinar las causas del fenómeno descrito y desarrollar prácticas que permitan la sustentabilidad de la

producción de uva de mesa en el largo plazo, considerando las condiciones agroecológicas del valle.

Sudáfrica es uno de los países que más experiencia tiene en el mundo en el desarrollo de prácticas de manejo de suelo compactado y de riego en huertos de uva de mesa y frutales en general, con institutos de investigación que llevan trabajando más de 20 años en la materia. En nuestro país existe poca experiencia sobre esta materia, por lo cual con el desarrollo de esta gira se esperaba hacer posible la incorporación de innovaciones tecnológicas a las prácticas actualmente en uso en Chile, previa validación y adecuación a las condiciones locales. Lo anterior permitirá avanzar hacia la sustentabilidad de la producción de uva de mesa, aumentando la competitividad de este sector productivo.

5.2. OBJETIVOS

- Conocer las técnicas culturales de manejo de suelos y de aguas actualmente en uso en los huertos de uva de mesa y frutales.
- Conocer el estado actual de la investigación en manejo de suelos y de riego.
- Conocer el tipo de maquinaria de laboreo de suelos utilizado en huertos frutales, antes y después de realizadas las plantaciones y sus condiciones de uso.
- Establecer posibles programas de cooperación entre el INIA La Platina y el Instituto Nietvoorbij de Viticultura y Enología del Agricultural Research Council de Sudáfrica.

5.3. RESULTADOS Y APLICABILIDAD EN CHILE

La viticultura de Sudáfrica abarca en la actualidad un total de 103.325 hectáreas. De ellas, 93.889 hectáreas son de uva para vinificación, 8.859 hectáreas son de uvas de mesa, 420 hectáreas de uvas para pasas y 157 hectáreas son para multiplicación de portainjertos. Producen un total de 22 millones de cajas de exportación de 5 kilos, para lo cual se cultivan un gran número de variedades de uva de mesa, negras, rosadas y blancas, de modo de satisfacer la demanda.

Después de más de 20 años de investigación, Sudáfrica ha desarrollado un paquete tecnológico adecuado para el desarrollo de los parrones de uva de mesa, según las condiciones agroecológicas de ese país. Al analizar los fundamentos en que se basa este paquete de medidas de manejo se concluye que éstas se pueden aplicar en Chile, con las adecuaciones y validaciones pertinentes para las condiciones propias de nuestro país.

En términos de resultados generales, a continuación se presentan los aspectos tecnológicos más interesantes observados durante la gira, referentes al manejo de suelo y de riego.

Manejo de suelos

Uno de los temas de mayor importancia que se pudo observar, es el manejo de los suelos que se realiza en Sudáfrica para evitar problemas de compactación. Llama la atención la preparación profunda del suelo antes y después de la plantación de frutales. La primera labor es utilizada en Chile por muy pocos productores, y en cuanto a la segunda, los implementos utilizados no son los más adecuados.

• Laboreo profundo previo a la plantación en parronales y frutales en general

Se hace con el objetivo de obtener buenas condiciones físicas del suelo que va a ser plantado con una especie frutal, y así favorecer un sistema radical bien desarrollado capaz de aprovechar óptimamente el agua y los nutrientes del suelo. Se realiza una preparación del suelo previa a la plantación. Esta labor consiste en preparar el suelo a una profundidad de 100 centímetros, buscando una total remoción del mismo. La preparación se realiza con bulldozers del tipo D8 a D10 a los cuales se les han adaptado diferentes tipos de subsoladores y arados de vertedera especialmente diseñados para los diferentes tipos de suelos a trabajar. La labor se hace cruzada en 45° generalmente con dos tipos diferentes de subsoladores, primero un «ripper» o «ruter», que es un tipo de subsolador recto, y posteriormente un arado en vertedera, que consiste en un «rooter» al cual se le han adaptado diferentes tipos de vertedera. La distancia entre las pasadas del subsolador es de aproximadamente 60 centímetros. La labor se realiza cuando el suelo presenta un bajo contenido de humedad, para obtener una buena ruptura de las capas más compactadas.

A diferencia de lo que ocurre en nuestro país, la preparación de suelo de preplantación es generalizada y asumida por todos los productores sudafricanos, a tal punto que cuando se piensa en el costo de la tierra para una plantación frutal se incluye esta preparación de suelo, la cual tiene un costo para ellos de aproximadamente de US\$ 1.200/ha. Esta labor es realizada por contratistas, salvo en el caso de predios grandes que están en expansión y que han adquirido la maquinaria mencionada.

Según la opinión del Instituto Nietvoorbij y de los productores visitados, esta operación les permite asegurar una vida productiva de los parrones de 25 a 30 años. Antes del desarrollo de esta tecnología (15 años atrás), la vida útil era considerablemente menor.

Actualmente en Chile este trabajo no se realiza como una práctica corriente. Normalmente la labor que se realiza es con subsolador agrícola, cuya profundidad de trabajo no pasa de los 40 cm, con poco efecto lateral. Algunos productores utilizan para la preparación de suelos previa a la plantación un bulldozer del tipo D-8, D-9, con un «router» de 0,6 a 1 m de profundidad, lo que permite obtener una mayor profundidad de rotura que en el caso de los subsoladores agrícolas. Sin embargo, no existe un instrumento que permita quebrar o romper capas compactadas o mezclar estratas diferentes de suelos.

• **Laboreo profundo de suelos en parronales y frutales establecidos**

La compactación en frutales establecidos no es un gran problema para los sudafricanos, ya que la mayoría de los parronales actualmente en producción fueron plantados sobre un suelo preparado previamente en la forma antes señalada. No obstante, han abordado este problema considerando que hay suelos que por su condición de origen y por las prácticas culturales que se realizan, favorecen la recompactación del suelo, haciéndose necesario realizar labores de subsolado en postplantación. Para ello han desarrollado subsoladores adaptados a realizar una buena labor y disminuir los requerimientos de potencia. Es así como se han desarrollado subsoladores de dos puntas separadas 50 cm y de aproximadamente 55 cm de profundidad de trabajo. Esta puntas tienen un movimiento alternado hacia adelante y hacia atrás, generado por el tomafuerza del tractor. Este tipo de trabajo mejora el efecto de ruptura en el suelo y hace bajar los requerimientos de potencia del tractor.

Dependiendo del tipo de suelo y grado de recompactación, esta labor se realiza entre hileras a partir de los 4 a 6 años después de la plantación. La labor se realiza anualmente, haciendo las pasadas hilera por medio, para no producir una brusca reducción de la masa radical. El período más adecuado para su ejecución es la postcosecha, cuando el suelo ha perdido algo de humedad y se reinicia el crecimiento radicular. De esta forma, la labor cumple con soltar el suelo y podar raíces; ambas acciones inciden en un desarrollo más vigoroso del sistema radical. En algunos casos utilizan una retroexcavadora para remover completamente el suelo de la entrehilera. En Chile, especialmente en la zona del Valle de Aconcagua, uno de los problemas que ha sido difícil de resolver en los trabajos de investigación y desarrollo, es el del subsolado de parronales ya establecidos que tienen problemas de compactación de suelo. Esto principalmente en lo que se refiere al tipo de herramienta capaz de realizar

una adecuada labor en términos de profundidad y ancho efectivo del subsolado, y de bajos requerimientos de potencia. Otro aspecto importante es la oportunidad en que se realiza esta labor, la cual por lo general se lleva a cabo con suelos muy húmedos, obteniéndose como resultado cortes de suelo, sin producir quiebres en el perfil.

La visita a Sudáfrica entregó interesantes antecedentes respecto a los tipos de herramientas y las modificaciones que mejor se han adecuado a los suelos locales. En general, se trata de texturas más gruesas que las nuestras. A partir de esas herramientas, sería posible adaptar o diseñar implementos (subsoladores) para los trabajos de laboreo profundo de suelos previo a la plantación y en parrones adultos, de acuerdo a las características de los suelos chilenos. De hecho, ya un particular en el valle de Aconcagua ha comenzado con la construcción de un subsolador vibratorio desplazable que permita por una parte remover el suelo en buena forma, disminuyendo requerimientos de potencia, al tiempo de regular la distancia del subsolado respecto de la línea de plantación.

Uso de cubiertas vegetales invernales

A diferencia de Chile, en Sudáfrica el uso de cubiertas vegetales en la entrehilera durante los meses de invierno es una práctica común en las plantaciones de vid, tanto para vinos como para uva de mesa. El objetivo de estas cubiertas es la protección del suelo contra procesos de deterioro como la erosión, compactación y sellamiento superficial. Ello se logra por la incorporación de materia orgánica al sistema suelo, la protección superficial del suelo y también por el trabajo mecánico que producen las raíces del cultivo en el suelo. Se vio principalmente el uso de especies gramíneas como avena y trigo. Las siembras se realizan en otoño y el cultivo es controlado principalmente en forma química antes de la brotación de las parras, dejándose el material en la superficie sin incorporación. Otro aspecto positivo del uso de cubiertas vegetales mencionadas es el de controlar las malezas que crecen en invierno y temprano en primavera. En nuestro país, sería necesario validar algunas especies, las diferentes formas y épocas de incorporación y adecuar el manejo de la cubierta.

Uso de mulches orgánicos e inorgánicos

El uso de *mulch* de polietileno al momento de plantar y *mulch* de origen orgánico en parrones adultos, es un manejo corriente en Sudáfrica y que prácticamente no se aplica en los parrones de nuestro país.

En la zona del valle del Río Hex se utiliza en el momento de la plantación un *mulch* de polietileno negro, de unos 60 cm de ancho y muy delgado. Su objetivo es aumentar la temperatura del suelo, evitar la evaporación directa del agua del suelo y favorecer el control de las malezas, permitiendo un rápido crecimiento inicial de las plantas nuevas. El plástico es perforado en forma manual para permitir la entrada del agua de riego (microaspersor). Posteriormente el plástico se va cubriendo con la cubierta vegetal, *mulch* orgánico o sarmientos.

En otras áreas productivas, es común el uso de *mulch* orgánico en parrones adultos en base a rastrojos de trigo u otros cereales, los que tienen un origen exógeno o bien provienen de las cubiertas vegetales. Este sistema cumple las mismas funciones, manteniendo el suelo superficial con un mayor contenido de humedad y libre de malezas, lo cual favorece el desarrollo de las plantas y permite un uso conservativo del agua. En Chile para la aplicación de esta técnica, sería necesario primero validar su uso a condiciones locales, considerando el tipo de materiales, época y método de riego.



Uso de *mulch orgánico* en parrones adultos
Sudáfrica, Hex River Valley

Métodos y manejo del riego

El método de riego más usado en parrones es el microaspersor, secundariamente el microjet y el riego por goteo. Sólo en un sector cercano a Kakamas (Upington) se pudo observar algunos parrones con riego superficial. En el sector de El Cabo (Stellenbosch, Paarl, Wellington), las viñas viníferas también son regadas por sistemas de aspersión, fijos o móviles.



Riego por goteo en la región de Uppington

Llama la atención el uso generalizado del riego por microaspersión por sobre el riego por goteo, utilizando por lo general un microaspersor por planta, con descargas variables entre 25 y 45 l/hora, en laterales telescópicos con diámetros 32/20/16, con longitudes de 100 a 120 metros. De acuerdo a los investigadores del Instituto Nietvoorbij, el riego por microaspersión presenta ventajas sobre el riego por goteo ya que deja una mayor área del suelo mojado, lo que permite utilizar la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y hacer un mejor aprovechamiento de su fertilidad natural. La microaspersión permite así enfrentar en mejor forma períodos de restricción hídrica, además de bajar la temperatura en el interior de los parrones.

Manejo, control y programación del riego

Las pautas del manejo del riego son bastantes uniformes y son llevadas a cabo a cabalidad por los productores. Se basan en la reposición de una lámina de agua expresada en milímetros semanales (60 mm semanales en el período de máxima demanda evaporativa), la cual es aplicada en dos oportunidades en la semana, en el caso del microaspersor y microjet, y en 3 a 4 tandas, en el caso de riego por goteo.

También se utilizan diferentes sensores de humedad en el suelo a fin de monitorear y controlar el riego, tales como los tensiómetros, bloques de resistencia eléctrica (o similares) y aspersores de neutrones. Este equipo era compartido por tres productores en De Doorns (Valle del río Hex).

Un tipo de manejo observado en el caso del microaspersor es el de utilizar los tensiómetros entre 15-30 cbar desde la brotación hasta la pinta y ligeramente superior después de la pinta, suprimiendo el riego 1 a 2 semanas antes de la cosecha, retomando el riego en la postcosecha, pero con una menor frecuencia que en fases anteriores.

En la zona más calurosa del río Orange se utiliza el sistema por microaspersión para bajar la temperatura ambiente al interior del parrón, ya que las temperaturas en el verano sobrepasan los 40 grados. Para lograr este efecto se da pulso de riego durante el día, logrando bajar entre 5 y 7°C la temperatura en el parrón.

La investigación sobre el riego ha sido intensa en el pasado y es actualmente uno de los temas prioritarios del Instituto de Viticultura y Enología Nietvoorbij, tanto para el caso de los parrones de exportación como de las viñas viníferas, que tienen un manejo del riego muy diferente. Las investigaciones han estado orientadas, entre otros, a los siguientes temas:

- Mejoramiento de la calidad comestible y color de la uva de mesa por medio de los sistemas y regímenes de riego.
- Mantenición de las tasas de infiltración del agua en los suelos.
- Efecto del riego y de prácticas de cultivo en partiduras de bayas en uva de mesa.
- Establecimiento de coeficientes de cultivo para Sultanina en la parte baja del río Orange.
- Calibración de un sistema de programación automática en el valle del río Hex.
- Determinación de coeficientes de cultivo para viñedos en diferentes condiciones edafoclimáticas y el efecto del tamaño de la canopia, prácticas de manejo y métodos de riego.
- Sensibilidad de Sultanina al estrés hídrico durante las etapas fisiológicas críticas.

Por lo general en Chile la uva de mesa se riega por surcos y mediante riego localizado, en particular por goteo. Lo más común en riego por goteo, es el uso de una línea de emisores y, dependiendo de la distancia de plantación (mayores distancias) y de la variedad, se requiere el uso de doble línea de goteros por hilera de plantación. Esta última técnica es utilizada actualmente por muchos productores de frutales de nuestro país.

Sin embargo, una alternativa a la doble línea es el uso de la microaspersión, que logra mojar una amplia zona de raíces, humedeciendo prácticamente todo el suelo. Este sistema ha sido recientemente incorporado por algunos productores, pero falta aún evaluar problemas sanitarios que pueda generar la mayor humedad que implica el uso de la microaspersión.

5.4. CONTACTOS ESTABLECIDOS

UNIVERSIDADES E INSTITUTOS DE INVESTIGACIÓN

INSTITUCIÓN	NOMBRE	DIRECCIÓN
Instituto Nietvoorbij para Viticultura y Enología en Stellenbosch, perteneciente al Agricultural Research Council (ARC)	Kobus Louw Director de la División de las Ciencias del Suelo	Private Bag X5026, Stellenbosch, 7599, South Africa Fono (27-21) 8895500 Fax (27-21) 8895508
Instituto para Suelos, Clima y Aguas, perteneciente al Agricultural Research Council (ARC), en Pretoria	Dr. Dries van der Merwe Director	600 Belvedere Street, Arcadia Private Bag X79, 0001 Pretoria, South Africa Fono (27-12) 326-4205 Fax (27-12) 323-1157
Instituto para la Ingeniería Agrícola, del Agricultural Research Council (ARC), en Siverton , Pretoria		Private Bag X519, Siverton 0127, South Africa Fono (27-12) 8424000 Fax (27-12) 8040753 Email: IAE@ing1.agric.za

EMPRESAS Y PRODUCTORES

Albertus Buckle	Productor de uva de mesa en Wellington	Los contactos con los productores se realizaron a través del entonces Consejero Comercial de la Embajada de Chile en Sudáfrica, Ramón Rada, quien estuvo a cargo de la coordinación del viaje y de la preparación del programa en ese país.
Marrais Viljeon	Productor de uva de mesa en Paarl	
Dusan Vasiljevic	Productor de uva de mesa en Namibia	
	Productor de uva de mesa en Kakamas, predio de Vaaldrift Boerdery Ondernemings	Oficina Comercial de Chile en Sudáfrica P.O. Box 652891, Benmore 2010 Sudáfrica Fono (27-11) 7848422/23 Fax (27-11) 7848424
	Productores de uva de mesa en Kakamas, Upington, predio Zwartbooisberg Spangenberg	

TÍTULO DE LA PROPUESTA

6 Consultoría en manejo de suelos y aguas en la producción de uva de mesa (Propuesta B-022)



Seminario dictado por el Dr. Louw en los Baños del Corazón, Los Andes, con más de 200 asistentes

ENTIDAD RESPONSABLE

Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina.
Santa Rosa 11610, La Pintana, Santiago
Fono (2) - 417223
Fax (2) - 5417667

COORDINADOR

Gabriel Sellés, investigador INIA La Platina

CONSULTOR

Pieter Jacobus Erasmus Louw, investigador, director del Departamento de Suelos

INSTITUCIÓN

ARC-NIETVOORBIJ, Instituto de Viticultura y Enología, Sudáfrica. Private Bag X5056, Stellenbosch 7599, Sudáfrica
Tel. (27-21) - 8895500
Fax (27-21) - 8895508
E-mail kobusl@nietvoor.agri.za

ESPECIALIDAD

Larga trayectoria en manejo de suelos y riego en frutales, particularmente en uva de mesa

FECHA DE EJECUCIÓN

Octubre de 1998

LUGARES DE VISITA

Santiago, San Felipe, Los Andes y Copiapó

6.1. PROBLEMA A RESOLVER

El problema de decaimiento productivo de los parronales de Aconcagua es complejo. Estudios de diagnóstico indican que este fenómeno guarda relación con el manejo del agua y del suelo, en particular problemas relacionados con la compactación y porosidad de los suelos que alteran las relaciones agua-aire.

Es así como el Centro de Investigación de La Platina de INIA, con financiamiento de ODEPA, inició en abril de 1996 un proyecto de investigación y desarrollo denominado «Decaimiento productivo de los parronales del Valle de Aconcagua», de cuatro años de duración, con el objetivo de determinar las causas del fenómeno descrito y desarrollar prácticas de manejo que permitan la sustentabilidad de la producción de uva de mesa en el largo plazo, considerando las condiciones agroecológicas del valle.

En ese contexto, durante octubre de 1997 se efectuó una gira a Sudáfrica, en el marco del Programa de Giras Tecnológicas de Fundación para la Innovación Agraria (FIA), en la que se pudo conocer en terreno las prácticas de manejo utilizadas en la producción sustentable de la uva de mesa.

Sin embargo, dadas las características diferentes de los suelos del valle de Aconcagua en relación a los sudafricanos y las particulares condiciones de salinidad del valle de Copiapó, es necesario evaluar y validar algunas de las tecnologías conocidas antes de incorporarlas, para lo cual se consideró pertinente contar con la visita de un experto sudafricano y analizar en conjunto con los productores locales la situación de las prácticas locales de manejo de suelos y aguas.

6.2. OBJETIVOS

- Intercambiar experiencias y conocimientos entre investigadores sobre manejo de suelos y riego de uva de mesa.

- Analizar la situación de los suelos y de las prácticas de manejo que aplican los productores nacionales a la luz de la experiencia sudafricana en la materia.
- Reorientar los trabajos de investigación que se realizan en el valle de Aconcagua, si fuera necesario.
- Realizar un seminario técnico para profesionales y productores sobre manejo de suelos y riego de parronales de uva de mesa basados en la experiencia sudafricana.

6.3. RESULTADOS Y APLICABILIDAD EN CHILE

A continuación se señalan algunas recomendaciones concretas realizadas por el consultor, tanto para el manejo de suelos, como para el manejo de riego en parronales del valle de Aconcagua.

Manejo de suelos en parronales

• Preparación de suelo previa a la plantación

Para el tipo de suelo existente en la parte alta del valle de Aconcagua, se ha recomendado utilizar un subsolador que pueda levantar el suelo y removerlo, pero sin voltearlo, lo que se podría lograr con un tipo de vertedera modificada.

Se ha señalado que para estos suelos no es recomendable utilizar un subsolador de tipo recto (ruter o ripper), que es la herramienta que normalmente traen los Bulldozer, ya que tiene un efecto lateral limitado y requiere que el suelo esté muy seco para la obtención de un buen resultado. Esa condición es difícil de lograr en estos suelos.

A juicio del experto podría ser útil usar el subsolador recto como primera labor para facilitar el trabajo de un segundo instrumento que debiera corresponder a una vertedera modificada.

Los trabajos de acondicionamiento de suelos previos a la plantación deben planificarse y supervisarse adecuadamente por personas capacitadas en este tema, ya que debido a que se utiliza maquinaria de gran peso, el suelo puede volver a compactarse si se transita sobre el suelo ya removido.

Es importante que la labor de subsolado de preplantación logre remover la totalidad del suelo y hasta la profundidad deseada, ya que si la labor es parcial y a menor profundidad, la distribución de raíces será desuniforme y subóptima, debido a que las raíces se desarrollarán principalmente en el suelo removido y no penetrarán el suelo que permanece compactado.

• **Preparación de suelos en parronales establecidos**

Se recomienda remover el mayor volumen de suelo posible, acercándose a la planta hasta aproximadamente 40 centímetros con el subsolador. La labor debiera hacerse en sentido perpendicular a las hileras de plantación, si la distancia de plantación lo permite, de forma de remover el suelo entre las plantas que no va a ser transitado posteriormente por la maquinaria. Debido a que el subsolador va a cortar las raíces de las plantas, se recomienda hacer esta labor hilera por medio para no dañar seriamente a las plantas. A la siguiente temporada se podría hacer la labor en las hileras que no fueron subsoladas con anterioridad.

Si estas dos labores se realizan adecuadamente, se debiera remover alrededor de un 70% del suelo, por lo que no se justificaría volver a repetir esta labor en el futuro, salvo que se produjera una nueva compactación del suelo.

El subsolado debe hacerse con un bajo contenido de humedad y antes de que se inicie el período de crecimiento de las raíces, por lo que se recomienda hacer esta labor en el período de postcosecha, que es cuando se produce el mayor crecimiento de raíces y la planta puede soportar en mejor forma menores contenidos de humedad. Debido a que el subsolado va a cortar una parte importante del sistema radical de la planta, es posible que ésta se debilite en su parte aérea a la temporada siguiente, debido a la menor absorción de agua y nutrientes, la eliminación de órganos de reserva, y a que la planta va a utilizar parte de la energía producida en regenerar su sistema radical.

Teniendo esto en consideración podría ser recomendable bajar en alguna medida la carga frutal, con el objetivo de adecuarse a la nueva situación de la planta y favorecer así su recuperación definitiva. Por lo tanto, una respuesta positiva de la planta podrá observarse sólo a partir de la segunda temporada después de realizado el subsolado.

• **Incorporación de acondicionadores físicos**

Respecto a la incorporación de materia orgánica al suelo en profundidad, con el objetivo de enfrentar el problema de la compactación, el especialista indicó que esto ayudaría, pero que sería un apoyo adicional a una buena labor de subsolado, que es la que puede solucionar el problema efectivamente. La incorporación de estos acondicionadores orgánicos en hoyos de plantación tiene un efecto positivo, pero localizado en la zona aplicada, por lo que una modificación importante del volumen del suelo por esta vía sería de un elevado costo.

• **Uso de camellones**

En el caso de un suelo compactado, también puede usarse un camellón para aumentar la profundidad efectiva y puede ser un complemento a una labor de subsolado de postplantación poco profunda. Las dimensiones de los camellones se relacionan con el marco de plantación y en el caso de la mayoría de los parronales en Chile (3,5 m x 3,5 m) podría alcanzar un ancho de 1,5 m y una altura que puede variar entre 20 y 45 cm. Existen en Sudáfrica implementos de diseño sencillo, basados en cuatro vertederas de posición variable que permiten una rápida y económica construcción de camellones. Las desventajas de usar camellones son que el suelo se seca con mayor rapidez y que puede entorpecer las prácticas normales de cultivo. Sería conveniente usar un *mulch* sobre los camellones para evitar la evaporación del agua y controlar las malezas.



El Dr. Louw con especialistas del INIA y agricultores inspeccionando el suelo en parrones con *mulch* en el valle del Aconcagua

• **Uso de cubiertas vegetales**

Se recomienda usar especies gramíneas y leguminosas, de fácil establecimiento y de bajo costo. Entre ellas se sugiere avena, cebada, triticale y vicia. El establecimiento debe hacerse en postcosecha cubriendo en lo posible toda la superficie y debe regarse durante su desarrollo si las precipitaciones de invierno no son suficientes, lo que puede dificultarse cuando se tiene riego por goteo.

La cubierta vegetal debe ser controlada con herbicida en el momento de la brotación del parrón, dejando que la cubierta se seque en pie. En el caso que existan riesgos de helada en la primavera, la cubierta puede ser controlada con anterioridad y puede aplastarse con un rodillo para atenuar el riesgo de helada que tiende a aumentar con la presencia de una cubierta vegetal.

Manejo del riego en parronales

Al comparar los diferentes métodos de riego localizado utilizados (goteo, microaspersión y microjet) se señalaron las ventajas que podría tener el uso de microaspersión y microjet por sobre el riego por goteo, las cuales se agrupan en torno a los siguientes aspectos:

- Mayor área de mojado y por consecuencia mayor volumen de suelo humedecido.
- Mejor desarrollo del sistema radical, que explora un mayor volumen de suelos en busca de agua y nutrientes.
- El hecho de tener un mayor volumen de suelo húmedo significa que existe una mayor reserva de agua en el suelo, lo que permite poder enfrentar algunos problemas de disponibilidad de agua en mejor forma.
- Debido a que se almacena una mayor cantidad de agua en el suelo, la frecuencia de riego disminuye, llegando a ciclos que podrían fluctuar entre 6 y 14 días en plena temporada de riego, dependiendo del área mojada por los emisores y de la capacidad de retención de humedad del suelo.
- Una de las ventajas de usar menores frecuencias de riego, especialmente en suelos compactados y con baja macroporosidad (suelos del valle de Aconcagua alto), es que el suelo puede airearse adecuadamente entre cada riego permitiendo así la adecuada oxigenación de las raíces.



Consultor inspeccionando el suelo y el perfil de mejoramiento con agricultores de Los Andes y San Felipe

6.4. CONTACTOS ESTABLECIDOS

Junto a productores y profesionales de la zona, se realizaron visitas a diferentes predios de San Felipe, Los Andes y Copiapó. Se realizó una charla técnica en Los Andes, con una amplia audiencia compuesta por autoridades regionales y locales, representantes de los servicios del Ministerio de Agricultura y principalmente productores de uva de mesa, profesionales del agro y asesores de empresas exportadoras de frutas, tanto de la V Región, como de las Regiones VI y Metropolitana.

TÍTULO DE LA PROPUESTA

7 Consultoría de experto internacional en manejo de aguas y suelos salinos (Propuesta B-037)



El Dr. Oster en visita a terreno

ENTIDAD RESPONSABLE

Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi

Colina San Joaquín s/n, La Serena, IV Región.

Apartado Postal 36-B La Serena.

Teléfono (51) 223290

Fax (51) 227060

COORDINADOR

Carlos Sierra, Director de Investigación, INIA Intihuasi

CONSULTOR

Jim Oster, ingeniero químico

INSTITUCIÓN

University of California, Riverside. Department of Environmental Sciences

Riverside, CA 92521 Estados Unidos

Tel. (909) 7875100

E-mail oster@mail.ucr.edu

ESPECIALIDAD

Experto de gran trayectoria en el tema de la salinidad, ha realizado asesorías en Israel, Egipto, México Pakistán, entre otros países. El mayor conocimiento en relación al tema de salinidad se ha desarrollado en Estados Unidos, especialmente en la Universidad de California, Riverside. Los laboratorios de salinidad de esta sede universitaria son reconocidos como los mejores del mundo desde hace ya 40 años. Este centro de conocimientos ha permitido formar especialistas para los cinco continentes.

FECHA DE EJECUCIÓN

Julio de 1999

LUGARES DE VISITA

Santiago, La Serena, Ovalle, Freirina y Copiapó

7.1. PROBLEMA A RESOLVER

La salinidad de suelos y aguas es un factor que afecta negativamente la productividad agrícola de la totalidad del valle de Copiapó, del tercio inferior del valle de Huasco y, en menor medida, algunas áreas de suelos regados con aguas de pozo, de alto contenido salino de la Región de Coquimbo, especialmente del área agrícola de Pan de Azúcar.

En el valle de Copiapó el efecto de la salinidad y la toxicidad por boro y cloro en vides de mesa es un factor relevante que está afectando los rendimientos de la fruta y además los suelos están acumulando continuamente grandes cantidades de sales solubles, comprometiendo su potencial productivo futuro. De ahí la importancia que tiene poder enfrentar el tema desde ya y tomar medidas preventivas.

En Chile no existen especialistas de larga trayectoria en el tema de la salinidad, por eso se consideró de gran conveniencia el apoyo y aporte del Dr. Jim Oster.

7.2. OBJETIVOS

- Orientar a los diferentes actores, autoridades, investigadores, asesores y agricultores en relación al diagnóstico y manejo de salinidad de suelos y aguas y su relación con la productividad y sustentabilidad de las plantas en Atacama y Coquimbo.
- Revisar la orientación del programa de investigación y desarrollo de salinidad en hortalizas y frutales que se maneja en Copiapó y Huasco.
- Capacitar a profesionales de las regiones de Atacama y Coquimbo en el tema del manejo de la salinidad.
- Establecer contactos entre investigadores nacionales y otros centros de investigación de zonas áridas con experiencia en el manejo de la salinidad en suelos y aguas.
- Conocer el estado de avance de la investigación de punta en el mundo en salinidad.

7.3. RESULTADOS Y APLICABILIDAD EN CHILE

Para comprender en su real dimensión el aporte del consultor en salinidad, se debe destacar que en nuestro país no existen especialistas en esta temática. Sin embargo, existen algunos investigadores que han trabajado parcialmente el tema de la salinidad, en algunas universidades e institutos de investigación, como INIA.

El tema de la salinidad es complejo debido a que produce diferentes efectos, tanto en el suelo como en las plantas. En el suelo, se puede producir dispersión de las partículas coloidales por efecto del catión sodio, en ausencia de cantidades importantes de calcio y magnesio. El calcio, como es sabido, tiende a generar el efecto contrario del sodio, produciendo floculación de las partículas del suelo. El parámetro que permite integrar y diagnosticar este problema es la relación de absorción de sodio o RAS, que relaciona la actividad del calcio, magnesio y sodio.

Los suelos con altos contenidos de sodio presentan un RAS alto, normalmente mayor de 15 y se definen como suelos salino-sódicos y/o sódicos. Los suelos sódicos presentan una mayor dispersión que los salinos-sódicos.

También el RAS puede ser un indicador de la alteración nutricional en las plantas por deficiencia de calcio inducida por sodio. Esta indicación es un aporte del consultor, dado que existen evidencias experimentales manejadas por él, sumadas a información

experimental local, que permiten concluir que este fenómeno se produciría en suelos sódicos de La Serena y Copiapó, especialmente en la parte baja del valle.

Otro aspecto importante de la salinidad es el efecto de potencial osmótico. Este es quizás el efecto negativo más importante y afecta la adecuada absorción de agua por las raíces de las plantas, lo que incide directamente en el crecimiento de la biomasa vegetal.

Generalmente este fenómeno va asociado con una reducción del calibre de frutos y, en general, al menor rendimiento de las plantas. Las diferentes especies de cultivo presentan diferente tolerancia al efecto salino, destacando especies muy sensibles como palto y limonero, mientras que el olivo y el espárrago presentan una gran tolerancia.

Otro problema que puede ser responsable de generar salinidad, es la toxicidad de iones específicos como cloruro, boro y sodio. En el caso de los dos primeros es frecuente el daño en múltiples especies. En el caso del sodio, este elemento es particularmente tóxico en especies arbóreas leñosas.

Además una actividad excesiva del sodio afecta la translocación y partición interna especialmente del calcio, a nivel de los tejidos vasculares. Este resultado afecta normalmente la calidad de los productos cosechados más que la biomasa producida.



Riego por goteo en suelos salinos del valle de Copiapó

Observaciones y algunas recomendaciones técnicas

El riego por goteo con aguas salinas en el valle de Copiapó, se debe realizar frecuentemente con una «fracción de lavado», es decir con un volumen de agua mayor al requerido por las plantas, para mantener un bajo contenido de sales en la zona de raíces. Los volúmenes de agua a aplicar dependerán de la textura y profundidad del suelo.

Los suelos salinos y/o salino sódicos con buen drenaje se deben lavar con altas cargas de agua (3000 a 5000 m³/ha) para eliminar las sales del perfil.

En suelos salinos sódicos y ricos en carbonato de calcio, como son la mayoría de los suelos del valle de Copiapó, se debe aplicar ácido sulfúrico como enmienda química y lavar el suelo, lo que permite la formación *in situ* de yeso, el cual favorece la recuperación del suelo, es decir el lavado del sodio.

Se define como agua salina aquella que presenta 1,0 dS/m o 1000 micromho/cm y/o 1 mgr/l o más de boro (B). De acuerdo a estos estándares, la gran mayoría de las aguas de pozos del valle de Copiapó son salinas. Su contenido salino se incrementa desde la cordillera hacia el mar.

En los valles de Elqui y Limarí los problemas de salinidad de suelos se asocian principalmente a zonas de mal drenaje y suelos manejados con agua de pozo salina.

En suelos salino sódicos y/o sódicos de La Serena y Copiapó, se puede presentar deficiencia de calcio y/o potasio inducida por el exceso de sodio en el suelo.

En suelos salino sódicos y/o sódicos sin carbonato de calcio, caso de los suelos de Ovalle, La Serena y Vallenar, sería beneficioso el uso de yeso como enmienda, junto a una adecuada práctica de lavado.

7.4. CONTACTOS ESTABLECIDOS

Se realizaron visitas a ocho predios de agricultores ubicados en los valles de Copiapó, Huasco, Elqui y Limarí. Además se realizó una charla técnica con agricultores en Freirina y tres seminarios en La Serena y Copiapó, con técnicos, profesionales y agricultores.

III. Area Puesta en riego y desarrollo predial

Se define como el conjunto de acciones tendientes a regar de la manera más eficiente posible un predio y con una estructura productiva de rubros competitivos. Incluye labores de adecuación de suelos para riego, infraestructura intrapredial de riego y la instalación de sistemas de riego.

TÍTULO DE LA PROPUESTA**8 Gira Tecnológica de Drenaje a Holanda
(Propuesta A-119)****ENTIDAD RESPONSABLE**

Instituto de Desarrollo Agropecuario, X Región

COORDINADOR

Héctor Jensen Valenzuela, ingeniero agrónomo,
INDAP X Región

PAÍS DE DESTINO

Holanda

CIUDADES

Wageningen, Utrecht, Lexmond, Klaaswaal, Sneek y
Friesland Norte.

PARTICIPANTES

- | | |
|---|---|
| - Brigitte Kusch, agricultora, X Región | - Wilfredo Springer, agricultor, X Región |
| - Leonardo Weisser, agricultor, X Región | - Juan Patricio Teuber, agricultor, X Región |
| - Roland Hitschfeld, agricultor, X Región | - Sergio Teuber, agricultor, X Región |
| - Sara Bertin, médica veterinaria, X Región | - Cristina von Bischoffs, agricultor, X Región |
| - Sergio Kahler, agricultor, X Región | - Marcerlo Mohr, agricultor, X Región |
| - Otto Kusch, agricultor, X Región | - Jorge Sandoval, consultor, X Región |
| - Marcelo Neumann, agricultor, X Región | - Héctor Jensen, ingeniero agrónomo de
Indap, X Región |
| - Tito Springer, agricultor, X Región | |

FECHA DE EJECUCIÓN

Septiembre de 1998

8.1. PROBLEMA A RESOLVER

Según estudios de investigadores, se han reportado alrededor de 800.000 hectáreas con problemas de drenaje desde Santiago a Osorno (1991). De esta cifra, casi un 70% se encuentra en la Región de Los Lagos, lo que representa aproximadamente un 33% de la superficie agropecuaria de dicha región. Por lo tanto, es un problema que limita enormemente la agricultura de esa zona y le impide intensificar la producción agropecuaria.

Con el descenso de la rentabilidad pecuaria del sur del país, los productores han tenido que dar un rápido giro a la modalidad de producción, incorporando avances tecnológicos que les permitan aumentar y diversificar su producción en forma más eficiente y competitiva. En este contexto están considerando la incorporación de importantes superficies hasta la fecha improductivas debido a problemas de drenaje, principalmente de tipo «Ñadis».

La gran mayoría de las obras de drenaje predial construidas en la X Región, fueron realizadas por los primeros colonos alemanes, quienes trajeron la tecnología europea hace ya más de un siglo. Hoy, los que practican las técnicas heredadas, lo hacen sin conocimiento técnico del problema, encareciendo enormemente las labores.

A través de esta gira tecnológica se buscó obtener mayor información técnica sobre el diseño, construcción, mantención y operación de sistemas de drenaje predial y los tipos de organización que se deben formar para emprender este proceso. Se buscaba asimismo conocer la experiencia de agricultores que, teniendo la misma capacidad que los integrantes de la gira, han podido generar, gestionar y desarrollar grandes obras de drenaje para hacer más productivos sus suelos.

8.2. OBJETIVOS

- Realizar una visita técnica operacional de conocimiento y contacto en el área de drenaje y relacionarla con la producción ganadera.
- Visualizar y analizar la aplicación de las técnicas de drenaje y la utilidad productiva de incorporar estas técnicas en los predios.
- Capacitar a los participantes en la elaboración e implementación de un proyecto de drenaje que les permita incorporar superficie productiva adicional a sus praderas a fin de incrementar sus ingresos.
- Establecer vínculos entre productores y técnicos chilenos y holandeses en la perspectiva de una colaboración mutua por medio del intercambio de experiencias, tanto sobre medidas técnicas para incrementar la producción como también sobre los métodos y formas de organización de personas y recursos en proyectos de drenaje.

8.3. RESULTADOS Y APLICABILIDAD EN CHILE

Holanda se caracteriza por un clima lluvioso y muy húmedo que favorece la vegetación y por terrenos que se encuentran a un nivel inferior o similar al nivel del mar, los que han sido recuperados por desecación progresiva, luchando tenazmente contra la invasión de las aguas, principalmente del mar, que intenta recuperar las tierras perdidas, y contra los ríos, de crecidas lentas, generadoras de inundaciones.

Este país posee aproximadamente dos millones de hectáreas dedicadas a la agricultura, de las cuales en 1990 se estimaba que alrededor del 30% estaba provista de drenajes. La mayor parte de esta área está situada en las regiones del oeste y norte del país. Son principalmente suelos de arcilla que están en uso como tierra arable.

Alrededor de un 25 a 30% de la tierra agrícola aún necesita de drenajes. Una mitad de esa área tiene antiguos sistemas que deben ser renovados, y la otra mitad son áreas donde los drenajes deben ser instalados por primera vez.

Cada año 25.000 a 30.000 hectáreas son provistas con drenaje. De esta superficie casi el 70% se instala con máquinas de drenaje muy avanzadas que en una sola jornada hacen la excavación, instalan el tubo y tapan la zanja.

Cerca del 70% de los agricultores que instalan drenaje no tienen subsidio del estado holandés; el 30% restante son subsidiados (entre un 40 y 65%) porque forman parte de un plan de ordenamiento territorial del Estado.

Un alto porcentaje de los elementos de drenaje y maquinaria son producidas en Holanda, el diseño de los proyectos son realizados por empresas contratistas o bien por consultores especializados quienes deben tener mucho cuidado en la supervisión e instalación de los sistemas. En una buena cooperación entre el Estado y el sector comercial, se han desarrollado estandarizaciones para los diferentes materiales e instalaciones de sistemas de drenaje.

Elaboración y financiamiento de proyectos de drenaje

Las organizaciones y empresas dedicadas a la elaboración de proyectos de drenaje actúan por la demanda de grupos organizados. Las etapas por las que pasa un proyecto antes de su ejecución son la creación de la demanda por parte de los usuarios, luego un consenso de todos los organismos, tanto estatales como privados, involucrados en el proyecto. Posteriormente, se conforman comisiones, se vota públicamente y se estudia la rentabilidad económica y el impacto ambiental del proyecto.

En el caso que los terrenos formen parte de un plan de ordenamiento territorial, una vez aprobada la ejecución del proyecto, el gobierno financia el 50%. El 50% restante lo paga cada agricultor, valor que se le descuenta de los impuestos anuales durante 26 años. A través de este sistema se han incorporado a la actividad agrícola y se han estructurado parcelaciones en una superficie de aproximadamente 600.000 hectáreas.

Sistema de drenaje extrapredial e intrapredial

En general el sistema consiste en una parcelación de un número determinado de hectáreas, que reúne un número importante de productores. La parcelación se realiza acorde al flujo de las aguas, con mejoramiento de la red de drenaje intra y extrapredial, caminos y vías de acceso diseñadas adecuadamente y en buen estado, lo que se traduce en una mayor eficiencia de producción.

El sistema común utilizado en Holanda para el drenaje es el llamado «sistema de drenaje singular», el cual consiste en drenes laterales bajo la superficie, a una profundidad de 1 a 1,5 m desde la superficie, separados a una distancia normal de 10 a 25 m uno de otro, los que desaguan en una zanja abierta ubicada a orillas del campo.

El sistema compuesto consiste en drenes laterales que desaguan en una tubería de gran tamaño, llamada colector de drenes. Este sistema no es muy común en Holanda.

El sistema singular tiene la ventaja del fácil acceso a los drenes debido a la salida en la zanja abierta, que facilita la mantención, limpieza e inspección de los drenes bajo la superficie.

En la visita al Proyecto de Parcelación y Ordenamiento Territorial de «Lopikerwaard», se conocieron los diferentes sistemas de drenaje intrapredial utilizados y las vías de evacuación fuera del predio. Este proyecto tiene 13.000 hectáreas e involucra una población de 500 agricultores, con cuatro grandes estaciones de bombeo. Las obras viales fueron financiadas totalmente por el Estado, el cual también subsidió parte de las obras de drenaje y control de aguas.

Cada agricultor ha instalado tubos bajo la superficie, los que evacuan el agua a canales intraprediales que llevan agua a las zonas más bajas, desde las cuales se impulsa el agua a los canales extraprediales estatales. La impulsión se realiza de dos formas: una, a través de pequeños molinos de viento y la otra, por medio de bombas eléctricas.

En toda Holanda existen alrededor de 120 estaciones de bombeo, que trabajan con una diferencia de nivel de más o menos 2 a 3 metros, las cuales desaguan los excesos de agua al mar. Estas plantas de bombeo trabajan con tres bombas helicoidales accionadas por tres motores y que, a una altura de tres metros, impulsan un caudal de aproximadamente 1 m³/min cada una.

Considerando los positivos resultados de los proyectos aplicados en Holanda, se ha considerado que en nuestro país se hace necesario que los proyectos de drenaje se tomen como un macroproyecto que vincule a todos los agricultores usuarios de la cuenca a drenar. Además se considera la existencia de proyectos paralelos de inversión y transferencia tecnológica tendientes a hacer más eficiente y productiva la superficie que ha sido drenada.

A pesar que Chile tiene una situación muy diferente con respecto a la diferencia de nivel entre los predios y las vías naturales de evacuación, tanto el grado de organización demostrado por los productores en Holanda como el compromiso del Estado frente a ellos, hace pensar que la única forma de solucionar nuestros problemas de drenaje a nivel de macrocuenca, pasa por un desarrollo de la capacidad de asociatividad de los agricultores, que les permita enfrentar problemas comunes, como por ejemplo la mantención y limpieza de las redes extraprediales.

En Holanda los resultados del drenaje agrícola han mejorado las condiciones de producción. Los beneficios consisten en un incremento de la producción por hectárea. Otros beneficios se refieren a la disminución de los costos por hectárea, debido al menor costo de trabajo y menor costo de mantención de los drenes abiertos.

Maquinaria y materiales

Actualmente se utiliza la entubación continua de plástico perforado. Los diámetros de las tuberías varían desde 50 a 400 milímetros. En el oeste de Europa el diámetro más usado para los laterales es de 60 mm, mientras que 100 mm es más común en Estados Unidos. En un suelo inestable se debe usar material envolvente de drenaje para prevenir la entrada de partículas de suelo en las tuberías de drenaje.

Alrededor del 90% de los drenes holandeses están provistos con una cubierta o envoltura. Esta envoltura es enrollada en la tubería en la fábrica antes que sean instaladas. El tipo de material envolvente más popular es la llamada «cubierta voluminosa». Este tipo de material tiene por lo general un espesor de 3 a 7 milímetros y es construido con fibras (coco, polipropileno) o por poliestireno granular. Las ventajas de una cubierta voluminosa

de buena calidad, son la mayor permeabilidad para el agua, el hecho de que previenen la entrada de partículas de suelo en el dren y son un poco más baratas.

En Holanda, el drenaje mecanizado fue introducido en los años cincuenta. Entonces, las máquinas cavaban una zanja y dejaban las tuberías en ellas, luego de lo cual la zanja era tapada. Inicialmente se experimentó con excavadoras de rueda americanas, pero estas máquinas tenían una producción lenta por hora, de modo que pronto se desarrollaron en el país las excavadoras de cadena. Estas últimas cavan una zanja con una larga cadena rotatoria la cual está provista de cuchillas. Con esta excavadora 400 a 500 metros de drenes pueden ser trazados por hora o 15 a 20 kilómetros por semana.

En las máquinas modernas, el ajuste de la profundidad es controlado por láser, el cual es muy útil. Sin embargo, si no se aplica con cuidado no existe garantía de un buen control de profundidad.

En términos generales existen diferentes tipos de maquinarias: desde las que pueden trabajar en terrenos blandos hasta aquellas que están provistas con accesorios especiales para poder trabajar en terrenos muy duros. El costo de cada una puede oscilar entre US\$200.000 y US\$250.000, pero también se comercializa maquinaria que está reacondicionada, a un valor cercano a los US\$150.000, con garantía de hasta seis meses.

Se puede concluir que la tecnología conocida es factible de incorporar en Chile, pero a nivel de un macro proyecto y grupo de productores, principalmente por su alto costo inicial. La maquinaria se puede incluso importar de segunda mano, pero garantizada por la fábrica.

Organización

Como se ha señalado anteriormente la mayor parte de los productores son miembros de una organización, pagando cada uno una cuota social al año. La organización congrega a un número determinado de agricultores y la opinión de cada uno tiene el mismo valor, independientemente del número de hectáreas que posea.

Las organizaciones realizan tanto la compra como la venta de productos, defienden los intereses del rubro que los agrupa frente a las autoridades civiles y toman permanente contacto con el poder consumidor para conocer sus requerimientos.

Los jóvenes, hijos de los agricultores, también tienen su propia organización, puesto que sus problemas e inquietudes son diferentes.

De esto se desprende la importancia fundamental que tiene la organización cuando se deben solucionar problemas comunes. A través de ella, estos agricultores no sólo han solucionado su problema de drenaje, sino que también han podido elevar su rentabilidad por el hecho de manejarse en bloque.

Transferencia tecnológica

Hace algunos años la transferencia tecnológica entre los agricultores que habían incorporado superficie productiva a sus predios a través de proyectos de riego y ordenamiento territorial, era subsidiada por el Estado. Sin embargo, actualmente en algunas zonas es el propio agricultor quien debe cancelar el costo de ésta.

Algunas empresas de transferencia se manejan con contratos anuales particulares, con un costo de US\$750 por agricultor año, con 4 a 5 visitas. Los agricultores que no están suscritos pueden acceder a una visita técnica pagando US\$150 por visita, en temas de riego y drenaje, también horticultura, cultivos y otras especialidades.

El sistema de transferencia tecnológica utilizado es muy completo, porque no sólo existen los técnicos para solucionar problemas productivos, sino que también están los profesionales que asesoran al agricultor en la parte administrativa, ayudándole a tomar decisiones económicas. Es importante recalcar que no existe apoyo financiero del Estado para la transferencia tecnológica y cada agricultor, si así lo desea, debe costear estas actividades con las que busca perfeccionarse y hacer más rentable su predio.

8.4. CONTACTOS ESTABLECIDOS

INSTITUCIÓN	NOMBRE	DIRECCIÓN
Fundación Stoas Agriprojects, en Wageningen	Klass Steur Coordinador para América Latina	En Chile Fono (56-41) 222692 Fax (56-41) 222242 Email stoas@arauco.reuna.cl En Holanda Fono 31-0-317-472711 Fax 31-0-317-424770
Government Service for Land and Water	Ton Van Zeijts Ingeniero de drenaje ecología y medio ambiente	Griffionlaan 2 3526 LA Utrecht P. O. Box 20021, 3502 LA Utrech, The Netherlands Fono (31-30) 2858590 Fax (31-30) 2858999 Email zee@lbi.agro.nl
Empresa de ejecución de proyectos de drenaje Gerbr. Van Kessel		P. O. Box 710 (Korneddijk 7-A) 4116 ZJ, Buren, The Netherlands Fono (31-0) 344571541 Fax (31-0) 344571744
Instituto Internacional de Mejoramiento y Recuperación de Tierras (ILRI)		Lawickse Allee 11, Wageningen, The Netherlands Fono (31-317) 490144 Fax (31-317) 417187 Email Ilri@Ilri.nl Internet http://www.ilri.nl
Fábrica de maquinaria para drenaje Steenberger Hollandrain	J. P. Van Soest	P. O. Box 7011, 3286 ZG Klaaswal The Netherlands Fono (31-186) 571000 Fax (31-186) 57602
NTLO (Organización de Agricultores del Norte	N. Van Eijden Presidente	

IV. Area Organización y capacitación de los regantes

Esta área tiene como objetivo mejorar la capacidad de gestión en el manejo de los recursos hídricos como también en la gestión de sus predios.

TÍTULO DE LA PROPUESTA

9 Gira Tecnológica en mejoramiento de las capacidades de administración y gestión de las asociaciones de Regantes de la Sexta Región (Propuesta A-185)



Embalse Santa Juana

ENTIDAD RESPONSABLE

Instituto de Investigaciones Agropecuarias, La Platina.
Santa Rosa 11610, La Pintana, Santiago.
Fono (2) 5417223
Fax (2) 5417667

COORDINADOR

Gabriel Sellés van Schouwen, investigador INIA La Platina

PAÍS DE DESTINO

Chile

CIUDADES

Vallenar, La Serena y Ovalle

PARTICIPANTES

- Gabriel Sellés van Sch., investigador INIA CRI La Platina.
- Alejandro Antúnez B., encargado de terreno Proyecto Tinguiririca, INIA Santa Cruz.
- Sofía Felmer E., encargada en terreno Proyecto Tinguiririca, INIA Santa Cruz.
- Julio Bustamante B., presidente Junta de Vigilancia 1ª Sección Río Cachapoal.
- Robert Hilliard J., secretario Asociación de Canalistas, Canales San Pedro, Población y Derivados.
- Rafael Dueñas V., administrador Canal Cachapoal.
- Carlos Echazarreta I., presidente Junta de Vigilancia de Río Tinguiririca.
- Ambrosio García Huidobro R., ingeniero Junta de Vigilancia de Río Tinguiririca.
- Lisette Bosshard P., profesional de apoyo, SEREMI Agricultura VI Región¹.
- Juan Izquierdo S., director de Lo Toro E. Chimbarongo.
- Carlos Croxatto O., ingeniero Junta de Vigilancia Río Claro.
- Álvaro Paredes, presidente Junta de Vigilancia Río Claro.
- José Lorenzoni, director Junta de Vigilancia Río Claro.
- Carlos Ortiz, director Junta de Vigilancia Río Claro.

FECHA DE EJECUCIÓN

Octubre de 1999

9.1. PROBLEMA A RESOLVER

El Estado entrega a las organizaciones de regantes, a través de las juntas de vigilancia, la tarea de administrar, operar y mantener los sistemas de regadío. Por lo anterior, corresponde a estas organizaciones un papel determinante en el éxito de la actividad agrícola de la zona, al administrar de manera adecuada, aún en épocas de sequía, los recursos hídricos bajo su jurisdicción.

Es una realidad que la disponibilidad del recurso, en lo que a precipitaciones se refiere, en base a promedios móviles de 30 años, se ha reducido en un 25% aproximadamente en los últimos 100 años y la demanda del recurso continúa en aumento.

¹ Todos los cargos mencionados corresponden al momento en que se desarrolló la propuesta.

Con este antecedente, se puede prever que, en el corto plazo, la demanda superará la oferta y se dará el caso que habrá que mejorar la eficiencia en el uso y administración del recurso, o sacrificar algunos empleos de éste, en beneficio de otros usos.

En este sentido es donde la administración, la mejora en la conducción y en la eficiencia de uso agrícola, toman una real dimensión.

La comunidad de regantes Cogotí -Recoleta- La Paloma es una organización pionera en la modernización de las asociaciones de regantes en Chile, que ha captado una serie de recursos para la modernización de su infraestructura, y por su experiencia en una zona deficitaria del recurso hídrico, ha sido capaz de administrar en forma eficiente los recursos económicos e hídricos de que dispone. Por lo tanto, se espera que las asociaciones de regantes de la VI Región sean capaces de utilizar e incorporar la experiencia de los regantes de la zona norte, mejorando su gestión y administración.

9.2. OBJETIVOS

- Comprometer y capacitar a las Asociaciones de Regantes en el mejoramiento de la gestión y administración de los recursos hídricos.
- Conocer la experiencia organizativa y de gestión de las comunidades de regantes del sistema Recoleta - Cogotí - Paloma.
- Intercambiar opiniones por medio de la evaluación de las situaciones de las juntas de vigilancia nacionales.

9.3. RESULTADOS Y APLICABILIDAD EN LA REGIÓN

La VI Región posee el segundo lugar nacional en cuanto a superficie regada, con 205 mil hectáreas de riego. En la VI Región existe un total de once juntas de vigilancia, la mayor parte de las cuales corresponden a los ríos Cachapoal, Claro de Rengo, Tinguiririca y Estero Chimbarongo. Estos tres cauces son afluentes del río Rapel.

Entre 1986 y 1998 en la VI Región se han bonificado y construido 272 proyectos para el mejoramiento del riego y drenaje de 90.430 hectáreas, con un costo total de 928.228 UF y una bonificación promedio del 53%. En el año 1998 se duplicó el número de proyectos recepcionados y la superficie beneficiada en la región respecto a 1997.

Sin embargo, en la actualidad (al año 1999) ninguna de las juntas de vigilancia cuenta con programas de fortalecimiento y no existe ninguna organización de tipo formal o informal,

que permita la coordinación entre estas organizaciones, tanto dentro del mismo cauce (entre secciones) como entre los diferentes cauces que conforman la gran cuenca del río Rapel.

Por medio de las visitas y reuniones realizadas con las juntas de vigilancia de los embalses Santa Juana, Puclaro y sistema Paloma y con representantes de la Dirección de Obras Hidráulicas, se pudo conocer la forma en que dichas organizaciones trabajan. A través de ellos, los participantes de la gira pudieron comparar y discutir sobre el funcionamiento de sus propias juntas de vigilancia.

A continuación se describen los aspectos de mayor interés recogidos por los participantes de la gira tecnológica.

9.3.1. Características generales de las cuencas visitadas

Las organizaciones de la III y IV Regiones se encuentran a la cabeza del desarrollo nacional del riego, dirigiendo sus esfuerzos en administrar sus recursos hídricos en forma eficiente.

Desde un punto de vista hidrológico las cuencas de la III y IV Región se caracterizan por tener una muy baja pluviometría media anual, razón por la cual se incluyen por sus características dentro de las áreas desérticas. Existen años extremadamente secos y otros con mayor pluviometría que la media, pero se verifican con una gran concentración en el tiempo.

Por estas condiciones pluviométricas los embalses reguladores interanuales existentes en las diferentes cuencas, se constituyen en obras básicas e indispensables para hacer posible la agricultura, con un grado de seguridad suficiente.

Cuencas de los ríos Huasco y Elqui

Entre los años 1982 y 1984 la Comisión Nacional de Riego elaboró estudios de desarrollo integral en cada cuenca por medio de consultores privados. Estos estudios se realizaron con una activa participación de las juntas de vigilancia y las asociaciones de agricultores de las respectivas cuencas.

Dichos estudios abarcaron diferentes materias, siendo para los efectos del riego las más relevantes, las siguientes:

- Levantamiento aerofotogramétrico escala 1: 10.000 y 1: 5.000 con curvas de nivel cada 2,0 m. de toda el área bajo la red de canales actuales y la susceptible de incorporar al riego.

- Estudios hidrogeológicos, de suelos, reconocimiento de la red de riego y su mejoramiento en lo que se refiere a unificación de canales, regulación nocturna y mejoramiento de la infraestructura para reducir las pérdidas por conducción.
- Regulación integral mediante embalses interanuales de las cuencas de los ríos Huasco y Elqui, lo que dio lugar a los proyectos y posterior construcción de los embalses Santa Juana y Puclaro respectivamente, por parte de la Dirección de Obras Hidráulicas.

Las obras de mejoramiento de la infraestructura de conducción en ambas cuencas han sido desarrolladas mediante el uso de la Ley de Fomento al Riego y de otros recursos del Estado. Para llevar adelante esta etapa de desarrollo del riego, las organizaciones de usuarios, han jugado un papel muy importante.

Embalse Santa Juana (Valle del Huasco)

- Capacidad: 160 millones de m³
- Hectáreas beneficiadas: 10.000 hectáreas
- 317 canales con bocatoma en el río, con un 67% del total de acciones captadas mediante bocatomas con aforador

Embalse Puclaro (Valle del Elqui)

- Superficie del embalse: 760 hectáreas
- Capacidad: 200 millones de m³
- Hectáreas beneficiadas: 20.700 hectáreas
- Predios beneficiados: 2.508 predios (8 hás/predio)



Embalse Santa Juana (izquierda) y Caverna de válvulas del embalse Puclaro (derecha)

Cuencas del sistema de los embalses Paloma, Recoleta y Cogotí

Los recursos de las diferentes cuencas de este sistema son regulados en tres embalses, cuya construcción se realizó con anterioridad a la creación de la Comisión Nacional de Riego entre los años 1930 a 1974, incluyendo parte de la red de canales de distribución de la red actual.

Respecto de las diferentes organizaciones de usuarios que forman este sistema, se han ido fortaleciendo en el transcurso del tiempo gracias a su extraordinario empuje y a la estrecha colaboración con la Dirección de Obras Hidráulicas. Esto les ha facilitado llegar a tener en la actualidad una gran capacidad de gestión, lo que les ha permitido hacer uso en forma muy eficiente de los fondos estatales para la construcción y mejoramiento de la red de canales. Incluso, han creado una empresa propia para la elaboración de proyectos específicos y su construcción, destinados tanto a la zona de su propia jurisdicción, como a otras zonas del norte.

Sistema Paloma

- Embalse Paloma : 750 millones de m³
- Embalse Cogotí : 150 millones de m³
- Embalse Recoleta : 100 millones de m³

En conjunto riegan directamente 44.000 hectáreas y 7.500 hectáreas son regadas en forma indirecta.

9.3.2. Elementos integradores de proyectos mayores de riego

Los proyectos de riego en el actual escenario económico requieren de una planificación integrada con los aspectos productivos y no separada o independiente de estos. La integración también debe incluir los elementos comunes a la gestión de los diferentes estratos productivos o tipos de agricultores, que permitan crear los vínculos necesarios para abordar en conjunto los proyectos.

Entre las variables más relevantes se pueden destacar las siguientes:

- Características agroclimáticas con aptitudes para definir rubros rentables y de calidad.
- Evaluación de la seguridad de riego necesaria para los rubros rentables de explotar (obras hídricas matrices y derivadas; almacenamiento, conducción y distribución)

del agua; determinación de volúmenes de agua disponibles asociados a probabilidades hidrológicas; control de pérdidas, tecnificación de riego, condiciones para un mercado del agua).

- Tipo de agricultor (capacidad de reemplazo de rubros tradicionales, adecuación para trabajar asociados y lograr volúmenes relevantes de producción para fines de exportación, capacidad de gestión frente a exportadoras).
- Instituciones presentes y factibilidad de apoyo a organizaciones y a productores.
- Evaluación de real seguridad y oportunidad para abastecer mercados.
- Organizaciones privadas (capacidad de unificación de intereses y esfuerzos para abordar proyectos comunes y de mejoramiento de la infraestructura para el desarrollo social, capacidad ejecutiva para controlar y mejorar la calidad del agua).

Entre estos elementos y por la importancia de la gestión hídrica en la planificación del riego, se destacan los siguientes conceptos:

- **Seguridad de riego:** la seguridad de riego en una cuenca es un concepto «macro», es decir su tratamiento o mejoramiento exige medidas globales en una cuenca, asociadas a inversiones relevantes. Se trata de almacenar agua en los períodos invernales o del deshielo, para emplearla luego en los períodos de escasez.

Sin embargo, estas obras deben planificarse complementariamente con un adecuado sistema de conducción y distribución del agua, que permita aumentar sus eficiencias asociadas y así disminuir el tamaño de los embalses, que suelen representar la componente más onerosa de la inversión. Es decir, esta planificación no se puede limitar sólo a determinar volúmenes de almacenamiento, sin dimensionar simultáneamente el resto de las variables.

Asimismo, debe analizarse la posibilidad de combinar las fuentes de agua superficial con agua subterránea. Para ello es necesario apoyar las dotaciones con la incorporación de estos caudales, en determinados puntos de la red de canales y, en ciertas épocas en que el recurso superficial resulte escaso, permitiendo explotar el acuífero como embalse subterráneo, el cual podría requerir de recargas planificadas combinándolas con la operación de obras de regulación superficial.

Es necesario mencionar también el efecto que el mercado del agua puede tener en el manejo del recurso, si se consideran los medios de infraestructura y administración, para medir y entregar el agua controladamente. Las

transacciones entre privados permitirían optimizar el uso del recurso hídrico, reasignando una parte en cada temporada, según patrones de rentabilidad, conforme a su valor comercial.

En el sistema Paloma de la IV Región, opera el mercado del agua, permitiendo una optimización del recurso, ya que existen aforadores para la entrega del agua y bajo ciertas condiciones es posible que cada regante almacene sus derechos de agua para usarlos en la temporada siguiente.

- **Tecnología intrapredial:** El proceso agrícola apunta hacia una gestión innovadora, fuertemente tecnologizada y que aborde entre otros, los aspectos comerciales y organizacionales. Esto debe compatibilizarse con la capacidad de cada agricultor para adaptarse a las nuevas condiciones dinámicas que impone este proceso productivo.

Por otra parte, la tecnificación exige mayor seguridad de riego que los métodos tradicionales, tiene un mayor costo de inversión y la carencia de agua resulta más perjudicial al tratarse de cultivos extremadamente frágiles frente al estrés.

9.3.3. Función de las juntas de vigilancia

Las organizaciones privadas del tipo juntas de vigilancia tienen un importante y amplio rol en la gestión hídrica. La función impulsora de proyectos que pueden asumir en cada cuenca les permite lograr un efectivo mejoramiento del riego a nivel de río y también a nivel de organizaciones, empresas y regantes en general.

La limitación de su actividad a la distribución del agua entre las bocatomas de canales en el río, como lo entienden tradicionalmente muchas juntas, hoy resulta insuficiente y obsoleta.

La gestión hídrica tiene carácter global o integrador. Se trata de un recurso escaso y de valor creciente, cuyo adecuado aprovechamiento resulta imperativo que los agricultores exijan a sus representantes, apoyándolos y fomentando la unidad en torno a proyectos de interés común: de esto existen buenos ejemplos exitosos y dignos de imitar.

Sin embargo estas organizaciones deben ser representadas por líderes locales, elegidos por los mismos privados, quienes mejor conocen sus capacidades y objetivos.

Es posible plantear una estrategia o priorización para el fomento de inversiones que cada junta debiera conocer en su cuenca, con la secuencia óptima de implementación.

- Obras civiles matrices. Conjunto complementario de embalses de cabecera, canales con obras de distribución y captaciones subterráneas.
- Mejoramiento de sistemas intraprediales: tranques nocturnos, riegos tecnificados.
- Fortalecimiento de las organizaciones y mejoramiento de sistemas operacionales.
- Control de la calidad del agua.
- Fomento a la inversión en infraestructura asociada a la mayor producción y demás servicios demandados por la gestión agrícola.

9.3.4. Niveles de gestión

La gestión hídrica se desarrolla a diferentes niveles. En ella se distingue el trabajo y las medidas que deben abordarse a nivel privado de los usuarios del agua, tanto en forma individual y organizacional, así como a nivel del gobierno local, regional y nacional.

A nivel privado, hace falta que la organización de cada cuenca elabore su propio plan maestro, que incorpore los estudios ya realizados, a fin de contar con un ordenamiento jerarquizado de los mejoramientos, que cada directiva promocióne para su materialización por etapas, con ayuda gubernamental y de otras entidades, disponiendo de un instrumento útil y concreto para ofrecer a las autoridades públicas y privadas.

En esta planificación deben quedar integrados todos los actores zonales ligados a la gestión hídrica y otros que pueden apoyar directamente la inversión pública y privada, entre los cuales se destacan juntas de vigilancia, asociaciones de canalistas, asociaciones de agricultores, municipalidades, Ministerio de Obras Públicas, gobierno regional y servicios o instituciones del Ministerio de Agricultura, para lograr un impacto determinante en el desarrollo de las zonas agrícolas.

Esta planificación a nivel de cuenca puede resultar exitosa si la gestación de los proyectos se realiza desde la perspectiva de los mismos beneficiarios. Esto, porque al final de cuentas, existen compromisos económicos de pagos que ellos deben asumir, además de completar obras menores complementarias de las obras matrices.

9.3.5. Organizaciones de regantes

Se aprecian marcadas diferencias entre las diferentes organizaciones de la IV y III Regiones, algunas de las cuales van a la cabeza en el aprovechamiento de los recursos hídricos. La actual supra-organización junta de vigilancia del Sistema Paloma, que agrupa

a las organizaciones del sistema Recoleta, Cogotí y Paloma, aún no se constituye legalmente ya que el actual Código de Aguas no consulta este tipo de organización, sin embargo su solución jurídica está en estudio en la DGA y en vías de resolverse.



Reunión con regantes del embalse Recoleta

La VI Región también tiene una fuerte necesidad de constituir jurídicamente a muchas de sus juntas de vigilancia, como paso previo de cualquier proyecto público o privado de envergadura. Asimismo, se requiere de esta supra-organización en varios de sus ríos, para los efectos de abordar proyectos mayores y de calidad del agua.

La realidad que se pudo conocer en la gira realizada ha dejado en claro la necesidad de fortalecer las organizaciones de usuarios de la VI Región, a fin de poder acceder a los recursos que el Estado entrega a través de diferentes vías. En esta tarea las juntas de vigilancia de los ríos de las cuencas de la VI Región deberán desempeñar un importante rol.

Dentro de las iniciativas que se visualizan para la VI Región se podrían señalar las siguientes:

- Establecer mayor contacto entre las juntas de vigilancia y las asociaciones de canalistas y comunidades de agua para tratar que estas últimas cumplan con los estatutos, en lo que se refiere a asambleas anuales y vigencia de los directorios.
- Procurar que las asociaciones de usuarios conozcan las diferentes vías de financiamiento de obras de mejoramiento del riego y las entidades asesoras que les pueden prestar apoyo para desarrollar proyectos específicos que sea necesario realizar.
- Tener mayor contacto entre las juntas de vigilancia de la VI Región para conocer experiencias y la labor que están realizando para llevar a cabos los objetivos propuestos.

Para la obtención de fondos regionales, es importante destacar los impactos que producen los proyectos de riego en la actividad económica de la región, lo que se traduce en el incremento de las necesidades de mano de obra.

Dentro de estas iniciativas, se puede señalar que la junta de vigilancia del río Tinguiririca Primera sección, se propone construir las obras de admisión y descarga en todos los canales que tienen bocatomas en el río y estudiar la unificación de las bocatomas de algunos canales. Parte de estas unificaciones, que se habían estudiado hace años a nivel preliminar, ya han sido realizadas.

9.3.6. Políticas y planes de desarrollo del riego

Se pudo observar el gran impulso que se le ha dado al riego en la III y IV Regiones, gracias al esfuerzo con que se ha logrado superar muchos obstáculos, ya que tanto la planificación del riego, como la construcción de obras mayores, su puesta en servicio y explotación, entre otros, demandan muchos años de trabajo.

Para esto se requieren políticas de Estado de ámbito técnico a nivel regional, que trasciendan a los objetivos circunstanciales de corto plazo. Estos últimos se presentan en torno a directivas de instituciones privadas que manejan recursos hídricos en determinados períodos, como asimismo de los mismos gobiernos cuya durabilidad es inferior al tiempo necesario para gestar y materializar estos proyectos.

Es indispensable la coordinación y la suma de esfuerzos que realizan entidades como el MOP, juntas de vigilancia, asociaciones de canalistas, municipios y gobiernos regionales, entre otros, para priorizar e implementar proyectos y planes de desarrollo.

Cabe mencionar que en las cabeceras de los ríos ha liderado un ambicioso programa de optimización de los recursos hídricos, para el riego de cada valle ubicado sobre la cota de los embalses mayores. Este consiste en el planeamiento de embalses estacionales de tamaño menor, unificación de bocatomas y canales unificados revestidos. Con esto se consigue aumentar sensiblemente la seguridad de riego de varios valles agrícolas, e incentivar el cambio del patrón productivo hacia rubros de alta rentabilidad, que demandan la modernización de la gestión agrícola, la tecnificación del riego, la profesionalización de las actividades asociadas al agro, el fortalecimiento de las organizaciones de regantes, además de incentivar la inversión en infraestructura y servicios que benefician a los trabajadores agrícolas y su entorno social.

En el caso del río Limarí, el riego y la gestión hídrica ha sido la columna vertebral del desarrollo de dicha cuenca, logrando una consolidación de la vida rural, en torno a la seguridad que otorga la actividad agroproductiva especialmente de frutales de exportación y uva pisquera. Esto ha impulsado el desarrollo del resto de las actividades regionales, como algunas de índole urbana, asociadas al turismo y los servicios.

La IV Región se encuentra a la cabeza del desarrollo nacional del riego y sus organizaciones están trabajando dirigidas hacia el logro de una gestión agrícola e hídrica moderna e innovadora que puede servir de ejemplo para el desarrollo del riego en la VI Región.

Se comprobó que el desarrollo del riego en las cuencas visitadas se extiende a lo largo de muchos años, y que las personas que tuvieron papeles protagónicos en una etapa, van siendo reemplazadas por otras en las etapas siguientes.

De ahí la necesidad de que estas organizaciones cuenten con los estudios realizados por las diferentes entidades para ser conocidos por todos los que deben participar en las diferentes etapas y así dar continuidad a la acción, junto con hacer posible que los diferentes proyectos se desarrollen en períodos de tiempo de acuerdo a un plan armónico.

Se estima que de acuerdo a la información disponible se podría contar con los siguientes estudios, entre otros:

- Levantamientos aerofotogramétricos de las áreas regadas y susceptibles de regar.
- Estudios de desarrollo integral de las cuencas de dichos ríos.
- Estudio de unificación y racionalización de los canales del sector.

9.4. CONTACTOS ESTABLECIDOS

- Fernando González, Presidente de la Junta de Vigilancia del Río Huasco.
- Sergio Catalán, Director Regional de Obras Hidráulicas (del Ministerio de Obras Públicas) IV Región.
- Alejandro Ayres, Presidente Junta de Vigilancia de Río Elqui.
- José González del Río, Presidente Junta de Vigilancia de Río Limarí.
- ACER, organización administradora del embalse Recoleta y ejecutora de proyectos de riego.

Diseño y Diagramación
Laboratorio de Marketing

Impresión
Ograma S.A.

OTROS TÍTULOS PUBLICADOS POR FIA

Estudios para la Innovación

- Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes
- El cultivo del olivo, diagnóstico y perspectivas
- Camélidos en Chile, situación actual y perspectivas
- Frutales de hoja persistente en Chile, situación actual y perspectivas
- Bosque nativo en Chile, situación actual y perspectivas

Manuales para la Innovación

- Agroturismo, una opción innovadora para el sector rural
- Elaboración de productos con leche de cabra
- El acacio (*Robinia pseudoacacia*), una alternativa para producir postes y polines

Estrategias de Innovación Agraria en los rubros:

- Producción de leche ovina
- Producción de leche caprina
- Producción de carne ovina
- Producción de hortalizas
- Floricultura
- Producción de plantas medicinales y aromáticas

Otros títulos

- Fundación para la Innovación Agraria: Síntesis de Proyectos 1981-1999