



Robert R. Curry

**INFORME TECNICO PROYECTO FIA/UCV/INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS
ENVIRONMENTAL STUDIES**

SANTA CRUZ, CALIFORNIA 95064

November 22, 1997

Dr. Levi Mansur, Universidad Católica de Valparaíso
Dr. Maria Helena Moreira, Instituto de Ciencias Aplicadas

re: FIA Technology Transfer

Summary of technologies reviewed and approved for transfer consideration:

- 1) **Injection Wells:** Highest priority was given to a system to sustain agriculture in times of drought by enhancing groundwater resources at times of available excess water. A specific proposal for a pilot project in the 1st region (Los Andes - San Felipe) is to be initiated that uses some combination of the following technologies:

- Gravity-fed recharge of large diameter (30 cm) injection-wells, connected to a water supply up-valley and transported through closed pipes to maintain a hydrostatic pressure head at the bottoms of the wells. Injection wells would be drilled to a depth of on the order of 30 m, with the lower 20 m of the well casing perforated, and the upper 10 m sealed with a cement that is injected under pressure. Such a system is ideal where gradients on an alluvial open aquifer are steep and where high pressures can be easily developed between source diversion points, such as an existing bocatoma, and the injection site. An initial pilot demonstration might be designed for the Putaendo area with the injection wells being located in a 5-km long reach of the alluvial river bed from the Las Barancas crossing northward. Perhaps as many as 10 wells would be constructed, depending on hydraulic characteristics of the aquifer (Juan Carlos' team), to be charged with water two-at-a-time. The "well-field" would most likely be between the main course of the Rio Putaendo and Estero Seco, on communal lands of the villages. The intake would be at a site such as the bocatoma near Lo Vicuna (Highway E-71 bridge), and would feed a 50 cm diameter pipe laid directly on the ground surface. The success of such a gravity-fed (head 100-150 m) system would be dependent on maintaining a water recharge quality that was reasonably free of suspended sediment that could impair the porosity and permeability of the aquifer near the injection wells. Two schemes could be evaluated to achieve this goal:

Construct a "stilling basin" along the margin of the Rio Putaendo into which flows would be deflected from the river (simply using a bulldozer on-site), and where sediments could be allowed to settle out or be flocculated before water was diverted into the pipe. At some suitable interval, perhaps weekly, a rubber-dam or series of flash boards would be removed to flush the accumulated sediment downstream. This same technology would be developed in a parallel fashion on the Rio Aconcagua for the Bocatoma Unificada project. A sediment cleaning technology that works for the Rio Aconcagua on the main river channel may differ from that most suited to a major tributary with a wide flood channel such as the Putaendo, but the technology developed in the demonstration project must also be applicable to the primary recharge goals of the main valley of the Aconcagua in the Los Andes area or in the 3rd district downstream.

A second, and perhaps parallel, method of maintaining the permeability of the aquifer at the points of recharge would be to install pumps in the bottoms of the recharge wells and to pump them vigorously in winter to backflush sediment when they were not actually being recharged.

- Smaller-diameter pumped injection wells should also be considered. It would be possible to build a diversion pipe to transport water from the Rio Aconcagua or a cleaner source such as Estero Quilpue or the many canals fed by it, taking water only when not demanded for agriculture locally, and carrying it around San Felipe and pumping it northward a short distance along E-71 or E-555 to inject it in the same manner but without the 150 m head that would be supplied by using Putaendo water itself. This would require surface-mount injection well pumps. Such wells could themselves be used as water source wells in alternate seasons by drilling them to a depth of on the order of 100 - 200 m, and putting water supply pumps in the bottom that feed to an inner (20 cm) casing. An outer 30 cm casing, perforated between 10 and 50 m and terminating at that depth would be used for injection.

2) A second class of technologies to assist in providing reliable shallow high quality groundwater for use in times of drought would be those associated with creating a "stair-step" of shallow leaky underground "dams" to retard the natural downvalley flow of shallow subsurface water and to keep its levels artificially "perched" high enough to be reached by inexpensive publicly-supported shallow supply wells. This class of solutions would be tested in an area such as the main river course of the Rio Aconcagua between Los Andes and Curimon. The basic idea of an "underground dam" is to merely slow the passage of underflow of the river itself. Many natural underground dams exist along the Rio Aconcagua between Los Andes and the ocean. We would simply construct added features to slow downvalley passage of water so that, in the large open aquifer basins of the 1st and 3rd regions where drought is a severe problem, water tables are maintained at a depth shallow enough for access by small inexpensive (\$10,000 US) wells that could serve drip (technified) irrigation systems to provide water for areas of on the order of 20 ha. Three basic technologies are available to consider to create these stair-step water slowing systems. Choices would depend on costs, hydraulic characteristics of the aquifers, and geophysical studies of the topography of the basement rocks beneath the open alluvium valleys.

- A "slurry-wall" or "grout curtain" can be made of a thick, heavy, viscous liquid that can be either pumped in the ground along a series of temporary injection well sites, or poured into a deep trench excavated for this purpose. This technology has been developed primarily for use beneath large surface dams that create reservoirs that must be placed over alluvial valley material that cannot be excavated, and where the leak rates of such a reservoir must be controlled. The materials placed in the ground are a very viscous semi-solid that cannot pass through the pores in the alluvium, but that remain liquid enough to be pumped or poured into place. The barrier thus created does not "hold" water. Water passes slowly under it and around it, but the rate of passage is so retarded that a "stair step" of higher groundwater is created. It will be highest (at the shallowest depth) near the center of the valley (if recharged from that point by the Rio Aconcagua) and progressively deeper around the ends of the leaky feature. Such large-scale underground dams or curtains could most easily be constructed along public rights-of-way along roadways, as between Los Andes and San Esteban; or between the bedrock hills on both sides of the river such as Co. San Francisco at Curimon and Co. Las Heras near Sta Maria on the north side of the river. In the later case, a feature about 3.5 km in length could raise water levels across almost the entire valley, while not affecting any water levels or stream flows downvalley, once a wet-year's equilibrium was reached.
- A second concept for an "underground" stair-step dam system would be to install driven sheet-piles. These are corrugated steel plates driven into the ground to a depth of up to 30 m. Preliminary inspection of exposures as far downvalley as Rinconada near San Felipe suggest that very large rock clasts (boulders) in the alluvial valley fill would prevent driving sheet piles reliably in the 1st region. Such a strategy may work only in the 3rd

region. Exploratory drilling would be needed to evaluate sheet piles. These too would be installed along public routes across the direction of flow of groundwater to simply slow its passage and increase its travel time so that it "ponded" beneath the ground.

All these technologies for providing reliable underground water sources depend, to a significant degree, on two conditions that must be developed in parallel.

1. Inexpensive shallow or deep wells, drilled *en masse* during non-drought times, and fitted with bulk-purchased pump motors of either single or three-phase electric configuration, must be connected to modern drip-based (or "drop" systems in the parronals) to use water more efficiently. It is not possible to develop underground reservoirs that could feed the entire contemporary canal systems in the volumes currently used. Improved agricultural yields should pay for the "technified" irrigation systems that are today in use locally in the Aconcagua Valley within 3-5 years. Government support programs to convert any suitable farms to such systems should be initiated so that, even in times of excess water, such irrigation may be applied to both improve yields and to release water for irrigation of lands now not irrigated.
2. Revision or reconsideration of the political and regulatory structure of water rights to groundwater must be begun. The use of all water as a single resource, where surface and ground waters are interconnected and interdependent must be recognized. Such conjunctive use of water resources requires a public recognition of water as a public commodity, while respecting private lands and private rights. Several options to support and repay those farmers who contribute water on their private lands to the public water table for the benefit of all have been suggested as part of this technological exchange, but only locally derived solutions can be successful.

RRC

B-015

FORMULARIO B-II
INFORME TECNICO FINAL
SUBPROGRAMA CONTRATACION CONSULTORES CALIFICADOS

1. IDENTIFICACION DE LA PROPUESTA
--

1.1 Título de la propuesta

Estudio conceptual de caracterización de aguas subterráneas en el Valle de Aconcagua e incidencia de y hacia otras cuencas

1.2 Especialidad

Recursos hidrológicos, meteorología, climatología, análisis, medición y manejo de aguas de deshielos, geomorfología fluvial, estudios de sistemas de cuencas hídricas, erosión y formación de suelos, recuperación de esteros y vegas.

1.3 Nombre consultor

Robert Curry

1.4 Patrocinante

Universidad Católica de Valparaíso, a través de su Facultad de Agronomía, La Palma, Quillota.

1.5 Contraparte nacional

Profesor Levi Mansur Vergara, Facultad de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso.

1.6 Grupo que presentó la propuesta

Universidad Católica de Valparaíso, Instituto de Ciencias Aplicadas de Los Andes, Ilustre Municipalidad de Los Andes, Asociación de Agricultores de Los Andes, Asociación de Canalistas Primera Sección Río Aconcagua, CODELCO, División Andina.

2.1 Itinerario desarrollado por el consultor

Fecha: Lunes 20 octubre

Lugar (Ciudad e Institución) Santiago, Instituto Geográfico y Facultad de Ciencias U. Chile.

Actividad: Estudio y compra de material gráfico, mapas y libros. Reunión con Departamento de Datos del Instituto Geográfico Militar.

16 horas: Reunión con Dra. Irma Vila, profesora de limnología, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, y su equipo de investigación sobre el Río Aconcagua. Se discutió en esta reunión el peligro de extinción de fauna y flora del Río Aconcagua, debido al alto grado de contaminación de sus aguas. En detalle se discutió formas de limpieza de aguas subterráneas a través del sistema de filtraje llenando vegas y riberas del río, para captura subterránea y devolución de aguas de mejor calidad al río. Se acordó continuar la investigación de técnicas de mejoramiento de calidad y limpieza de las aguas del Río Aconcagua, a través de E-Mail y, posteriormente, intercambios entre la Universidad de Chile (Facultad de Ciencias) y la Universidad de California Santa Cruz.

Fecha: Martes 21 de octubre, 10 horas

Lugar (Ciudad e Institución): Santiago, Dirección General de Aguas

Actividad: Reunión con el equipo del Prof. Guillermo Cabrera Fajardo, especialista en aguas subterráneas. En esta reunión se discutió los datos de la investigación recién concluida del Prof. Cabrera Fajardo sobre la cantidad de aguas subterráneas en la cuenca del Aconcagua, investigación realizada para la Dirección General de Aguas. Se acordó la participación de este equipo en el Focus Group y en el proyecto a ser desarrollado en el futuro.

14 horas: Visita al Departamento de Información de la Dirección General de Aguas para solicitar los datos de flujo diario del Río Aconcagua en las diferentes estaciones de medición, datos históricos y actualizados que permiten realizar la medición de deshielos y de napas pasadas y presentes.

Fecha: Miércoles 22 de octubre, 10 horas.

Lugar (Ciudad e Institución) Santiago, Servicio Agrícola y Ganadero

Actividad: Entrevista y reunión con Juan Carlos Cuchacovich, jefe del Departamento de Protección de Recursos Naturales del SAG. Entrevista y reunión con Mario Lagos, jefe del Subdepartamento de Conservación de Suelos y Aguas, SAG.

Esta reunión focalizó el asunto de conservación de napas subterráneas, técnicas de recarga y de mejoramiento de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales en un sistema científico integrado (Conjunctive Use Model).

El SAG se mostró muy interesado en conocer las técnicas integradas de recarga de napas subterráneas y de mejoramiento de calidad (limpieza) de aguas. El consultor se comprometió a mantenerse en contacto con E-Mail (correo electrónico) e intercambiar informaciones científicas, incluyendo una visita personal de ambos ejecutivos a California y Nuevo México para conocer in situ el sistema utilizado conocido como "Conjunctive Use Model" de manejo de deshielo, flujo de aguas, vegas, drenaje y filtración.

Fecha Jueves 23 de octubre.

Lugar (Ciudad e Institución) Los Andes, Asociación de Agricultores Sta. Rosa de Los Andes y Asociación de Canalistas 1ª Sección Río Aconcagua

Actividad: Realización de entrevistas personales y visitas a parronales de exportación y canales de regadío de las provincias de Los Andes y San Felipe

8 horas: Salida a terreno desde la sede de la Asociación de Agricultores de Los Andes.

13 horas: Almuerzo en el Instituto Agrícola "Pascual Baburizza", San Vicente. Discusión con profesores y estudiantes sobre diferentes técnicas de regadío y del aprovechamiento de napas subterráneas en tiempos de sequía.

15.30 horas: Charla y reunión con canalistas y productores agrícolas de San Felipe, Los Andes y Quillota, sede de la Asociación de Agricultores Sta. Rosa de Los Andes.

Reunión con directivos de ESVAL. Discusión de los problemas de manejo de la calidad de agua potable subterránea.

Fecha Viernes 24 de octubre, 11 horas

Lugar (Ciudad e Institución) Quillota, Facultad de Agronomía UCV

Actividad: Charla en la Facultad de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, con profesores y científicos interesados en el tema de riego y napas subterráneas. Presentación de diapositivas sobre el trabajo hecho en Estados Unidos y la tecnología de manejo de deshielos y recarga de napas subterráneas.

16 horas: Valparaíso, Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. Reunión con el capitán de corbeta Rodrigo Núñez, Ph.D., quien hizo una exposición de las técnicas actualmente utilizadas en Chile de medición de la temperatura superficial del mar y de estudios del fenómeno climático conocido como "El Niño". El Dr. Curry discutió con él las nuevas tecnologías de la NASA de medición de la temperatura profunda (a 50 metros de profundidad) del mar en tiempo real. Discutieron la posibilidad de un proyecto en común con el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, la Universidad de California, la NASA y la estación de medición de CODELCO, División Andina, para la instalación de equipos de medición en tiempo real en el mar y los glaciares, para recoger datos diarios permanentes que permitan la previsión de fenómenos como "El Niño", con anticipación de entre 9 y 10 meses. Estos estudios permanentes permitirían conocer en forma adelantada la cantidad de nieve y precipitaciones para la previsión de inundaciones y/o sequías.

Fecha: Sábado 25 de octubre

Lugar (Ciudad e Institución) Sector Putaendo, Instituto de Ciencias Aplicadas.

Actividad Gira de reconocimiento y estudio geológico de la cuenca del Río Putaendo y Los Patos. Estudio de los datos de flujo diario de la estación de medición del Retén de Carabineros del Paso Los Patos. Estudio por parte del consultor de las proporciones de carga de sedimento del Río Putaendo y Los Patos. Estudio del lecho del río y de los locales de recarga de napas subterráneas.

Fecha: Domingo 26 de octubre

Lugar (Ciudad e Institución) Cuenca del Río Aconcagua, coordinación Prof. Levi Mansur, Facultad de Agronomía de la UCV.

Actividad: Inspección aérea de la zona de la cuenca del Río Aconcagua, desde la cordillera hasta la desembocadura del río en Concón.

Fecha: Lunes 27 de octubre

Lugar (Ciudad e Institución) Los Andes.

Actividad: Reservado para estudio y elaboración de informes, de acuerdo a antecedentes recogidos hasta la fecha.

Fecha: Martes 28 de octubre

Lugar (Ciudad e Institución): Río Blanco, CODELCO, División Andina

Actividad: El proyectado vuelo en helicóptero para observar la zona alta de la cuenca, de acuerdo al itinerario prefijado, no se realizó debido a las condiciones de riesgo para actividades aéreas sobre los 5.000 metros sobre el nivel del mar, provocadas por la inestabilidad de la atmósfera y las amenazas de mal tiempo que se presentaron los días En cambio, se efectuó un extenso recorrido por tierra, para apreciar en terreno las características de la cuenca. Por otra parte, además de la visita a terreno, se realizaron reuniones de trabajo, en las instalaciones de División Andina, para discutir temas de especialidad, en conjunto con profesionales expertos, encuentros en los cuales se agotó la recolección de antecedentes técnicos y apreciaciones de la realidad geográfica de la cuenca alta del Aconcagua. Es muy destacable el notable apoyo que brindó este grupo de profesionales, tanto en estas reuniones como en el Focus Group y, en general, todas las actividades desarrolladas durante la estadía del Prof. Curry en la zona.

Fecha: Miércoles 29 de octubre

Lugar (Ciudad e Institución): Los Andes, Instituto de Ciencias Aplicadas

Actividad Gira de análisis geológico del lecho del Río Aconcagua entre Los Andes y Saladillo. Estudio del lugar planificado para el Embalse Puntilla del Viento. Estudio de las principales bocatomas de los canales de riego.

Fecha: Jueves 30 de octubre, 10 horas

Lugar (Ciudad e Institución): Los Andes, Municipalidad de Los Andes

Actividad: Encuentro con jóvenes estudiantes de las provincias de Los Andes y San Felipe, interesados en ciencias, en el Salón de Honor de la Ilustre Municipalidad de Los Andes.
Tema: "Jóvenes, ciencia y medio ambiente; cambios climatológicos y el fenómeno "El Niño".
Exposición de diapositivas sobre manejo de recursos hídricos y desarrollo sustentable.

Fecha: Viernes 31 de octubre, 10 horas

Lugar (Ciudad e Institución) Santiago, Dirección General de Agua y Dirección General de Riego.

Actividad: Reunión con Juan Arrese, Subdirector DGR. Se discutió en detalle los estudios de factibilidad para la posible construcción de embalses en Puntilla del Viento, Las Palmas y Catemu. El Dr. Curry le mostró los datos adquiridos en su visita y estudio preliminar geológico del lugar de Puntilla del Viento, y enfatizó su opinión de que este embalse sería extremadamente peligroso, no solamente porque se planifica la posible construcción en una importante falla geológica sísmica, sino también por el peligro que representa el contenido de sedimento del Río Aconcagua. Sus primeras mediciones en el lugar muestran un contenido de 49% de sedimento suspendido y 51% de rocas y piedras. La posibilidad de movimientos de tierra y piedras arriba del local del proyectado embalse, además, concluyó el consultor, trae el riesgo de inundaciones con el desbordamiento del embalse hacia Los Andes. El Subdirector enfatizó que los estudios de sedimento y de factibilidad están todavía en elaboración, pero que se estaba considerando la posibilidad de un embalse en Catemu para ayudar a solucionar los problemas de agua para la tercera sección del río.

11.30 horas: Reunión con el Director de la DGA, Humberto Peña Torrealba, y el Dr. Carlos Salazar Méndez, ingeniero jefe del Departamento de Estudios y Planificación de la DGA. En esta reunión el consultor presentó en detalle la tecnología denominada "Conjunctive Use Model", un sistema integrado 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 de un sistema de pozos de poca profundidad para recarga de los canales en tiempos de sequía.

Llegaron a la conclusión de que sería muy importante realizar un viaje, una gira tecnológica, a California y Nuevo Méjico, para conocer el sistema integrado (Conjunctive Use Model) y elaborar un proyecto de planificación para utilización de recursos hídricos para la Primera y Segunda Secciones del Río Aconcagua.

Fecha: Sábado 1º noviembre, 8 horas

Lugar (Ciudad e Institución): Zona Los Andes - Frontera, Ilustre Municipalidad de Los Andes,

Actividad : Visita de conocimiento de la cordillera y nacimiento del Río Mendoza, frontera Chile-Argentina. Responsable: Sr. Alcalde, Dn. Octavio Arellano Zelaya y Secretario Municipal, Dn. Luis Rojas Jélvez.

Reunión con el Intendente de la Provincia de Mendoza. Discusión de los problemas hídricos de esta provincia argentina, con la posibilidad de realizar un proyecto en conjunto entre ambos países para aprovechamiento de los recursos hídricos provenientes de los glaciares.

Fecha : Domingo 2 noviembre

Lugar (Ciudad e Institución) Los Andes

Actividad Día dedicado a la preparación de la reunión de Focus Group.

Fecha Lunes 3 de noviembre, de 10 a 18 horas

Lugar (Ciudad e Institución) Salón de eventos Hotel Plaza, Los Andes, Instituto de Ciencias Aplicadas

Actividad : Realización de Focus Group con científicos que formarán parte del proyecto a ser elaborado con posterioridad al estudio conceptual.

Este encuentro contó con la presencia de importantes expertos en los temas de recursos hídricos y conservación del medio ambiente.

Hay un anexo con ocho casettes de audio y un cassette de video editado que registran la actividad.

Asistentes: Ludwig Stowhas, ingeniero hidráulico, Prof. Univ. Santa María
Juan Antonio Durán, ingeniero civil hidrólogo, SAG
Ricardo Bensen, ingeniero hidráulico, Jefe Medio Ambiente, CODELCO, División Andina
Andrés Hellena, meteorólogo y glaciólogo, CODELCO, División Andina
Mario Lagos, Jefe Subdepartamento Conservación de Suelos, SAG
José Vergara, ingeniero hidrólogo, Universidad de Chile
Rodrigo Ahumada, ingeniero, especialista en riego, INIA
María Helena Moreira, Prof. cientista socio-política, Inst. de Ciencias Aplicadas
José Abadie Gallardo, Director Ejecutivo Instituto de Ciencias Aplicadas

Después de un amplio intercambio de ideas y opiniones, se llegó a las siguientes conclusiones:

1.- Es muy importante hacer un proyecto con la colaboración de las instituciones presentes y la Dirección de Aguas. Este sería un proyecto piloto que serviría tanto para ayudar a solucionar el problema de agua de una región de escasos recursos como Putaendo, como para servir de "experimento piloto" del funcionamiento del sistema integrado en Chile. En la discusión del Focus Group fueron discutidas las diferentes particularidades del país que afectarían la instalación de una tecnología de manejo de aguas de deshielo y recarga de napas subterráneas, modelada en la de California. Primero se discutió la particularidad de las leyes de derechos de aguas, tanto superficiales como subterráneas. En segundo lugar se analizó la especificidad de las condiciones de la cuenca del Río Aconcagua: su forma de lecho, la acentuada pendiente, con la consiguiente rapidez de flujo, la cantidad de sedimento que carga, especialmente el sedimento compuesto de rocas y piedras, y, finalmente, la especial manera por la cual el río recompone las vegas y recarga las napas subterráneas. Los datos obtenidos en la investigación de aguas subterráneas realizada por el equipo de Guillermo Cabrera Fajardo, para la Dirección de Aguas, fueron discutidos y se decidió complementarlos con un nuevo proyecto.

Los expertos, finalmente, llegaron al consenso de elaborar el proyecto piloto en Putaendo, citado más arriba, que serviría como ejemplo para utilización en la primera y segunda secciones del Río Aconcagua. El Dr. Mario Lagos, Jefe del Subdepartamento de Conservación de Suelos y Aguas del Servicio Agrícola y Ganadero, expuso que es posible que el SAG pueda decidir, por decreto de conservación, la creación de un "Área de Conservación de Agua" en Putaendo, para suspender parte de los derechos de aguas subterráneas y, por lo tanto, crear las condiciones adecuadas para la instalación de un proyecto piloto.

Este 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 existente hasta 20 y 10 metros de 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 más fácilmente capturadas a través de un sistema de pozos de poca profundidad (hasta

un máximo de 20 metros), que podrían bombear el agua acumulada para los canales de riego en tiempos de sequía.

El Dr. Robert Curry demostró cómo funciona esta tecnología integrada (Conjunctive Use Model) con diapositivas y transparencias. Los expertos presentes llegaron a un acuerdo que se podría probar la tecnología en Putaendo, estudiando su funcionamiento en una cuenca adyacente a la del Río Aconcagua, que tiene las ventajas de constituirse en área de conservación de uso de agua y de geología subterránea, fácilmente utilizable para la captura y reserva de aguas. Este proyecto piloto, a su vez, serviría para nuevos estudios de factibilidad para otros puntos de la cuenca del Río Aconcagua y otras cuencas hídricas de Chile.

2.- Al mismo tiempo se llegó a la conclusión de que es necesario desarrollar un proyecto integrado con la participación de CODELCO, División Andina, y del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada para la instalación de los equipos de medición en 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). El proyecto instalaría un equipo permanente para estudiar y seguir los cambios climáticos haciendo predicciones anticipadas (hasta nueve meses) con entre 80 y 90% de precisión, de las nieves y lluvias en tiempo de invierno. Estas predicciones, explicó el Dr. Curry, ya son hoy día hechas en California, y 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.

3.- Se decidió que sería de suma importancia organizar una gira tecnológica a California. El Dr. Curry se comprometió a organizar esta gira desde Estados Unidos para que miembros del Gobierno de Chile, expertos y agricultores puedan conocer de cerca y en detalle el funcionamiento de la tecnología denominada "Modelo de Uso de Sistemas Integrados" (Conjunctive Use Model). Fue decidido que, entre los participantes de la gira tecnológica sería importante incluir el Director de la Dirección General de Aguas, Humberto Peña Torrealba; el Director de la Dirección General de Riego, Eduardo Bartholin; el Dr. Carlos Salazar Méndez, del Depto. de Estudios y Planificación de la DGA; el Dr. Juan Carlos Cuchacovich, jefe del Depto. de Protección de Recursos Naturales del SAG; el Dr. Mario Lagos, jefe del Subdepto. de Conservación de Suelos y Aguas del SAG; el Prof. Ludwig Stowhas, de la Universidad Santa María; el Prof. Guillermo Cabrera Fajardo, de Ingendesa. Además de los expertos en meteorología e hidrología de CODELCO, División Andina, Ricargo Bensen, Antonio Varas, Ricardo Vargas; y dirigentes de las Asociaciones de Agricultores de Los Andes y San Felipe y Asociación de Canalistas.

El Alcalde de Los Andes, Octavio Arellano, demostró su interés en participar de la gira, ya que es de suma importancia para la región de Los Andes. Fue discutida la conveniencia de que participen, también parlamentarios de la región que serán elegidos en diciembre 1997-

Se decidió elaborar un proyecto de gira tecnológica a ser presentado para financiamiento al FIA, con fecha prevista para junio de 1998, época de comienzo de los deshielos en California y Nuevo México, ideal para conocer el sistema tecnológico mencionado.

Fecha: Martes 4 de noviembre

Lugar (Ciudad e Institución): Los Andes, Ilustre Municipalidad de Los Andes

Actividad: 10 horas, Conferencia de prensa en el Salón del Concejo Municipal

18.30 horas, Seminario final "Aconcagua, de los Glaciares al Mar", en el Salón de Honor de la Ilustre Municipalidad de Los Andes. Invitación extensiva a todas las autoridades de la zona, integrantes de asociaciones de productores agrícolas y canalistas del valle de Aconcagua y científicos locales interesados, juntamente con los medios de difusión.

2.2 Cumplimiento del o los objetivos propuestos

Se estima que los objetivos propuestos se cumplieron ampliamente en la fase de anteproyecto, aun cuando queda mucho por definir, ya que el estudio contenía principalmente como objetivo generar ideas.

2.3 Descripción detallada de la tecnología capturada, capacidades adquiridas, productos, etc.

El Profesor Curry, a través de sus observaciones y estudios de terreno de la cuenca del Río Aconcagua, llegó a proponer una tecnología que consiste en tres programas integrados:

1) Acopiamiento de aguas subterráneas, programa masivo de perforación de pozos y tecnificación del riego agrícola. Normalmente el almacenamiento de agua en Latinoamérica y en Chile en particular, ha sido la construcción de embalses sobre la superficie. En cambio, el Dr. Curry estimó 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 propuso técnicas que disminuirían la velocidad del flujo del agua del río en tiempos de exceso de agua, de manera que una mayor cantidad de agua se infiltraría a las napas que naturalmente existen debajo de la superficie. Consecuentemente, esto traería una elevación del nivel de las napas, lo que significaría la construcción de pozos de menor profundidad. El Dr. Curry señaló que esto 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.

2) El segundo programa consistiría en una perforación masiva de pozos financiada por el Gobierno, para abaratar costos y después ser cedidos a los usuarios, a través de créditos.

3) Finalmente, propuso un programa de masificación de riego tecnificado. Señaló que el costo de tecnificar un predio de veinte hectáreas, incluyendo pozos, no debería subir de diez mil dólares. La recuperación de la inversión se obtendría a partir del incremento de la producción que origina el riego tecnificado. Observó como obstáculo a este tipo de proyecto, la legislación vigente sobre los derechos del agua, que no ve este recurso como un bien común. Señaló que habría que vencer barreras sociales, ya que estos programas requieren una alta cooperación y coordinación entre los usuarios. También manifestó que se requerirían mayores estudios para avalar esta idea dentro del sistema acuífero del Valle de Aconcagua.

Para los detalles técnicos de esta propuesta, rogamos dirigirse al informe del Dr. Curry adjunto. También se anexan grabaciones de audio y video del Focus Group y de la charla "Aconcagua: De los glaciares al mar", realizada el último día de su consultoría.

FUNDACION PARA LA INNOVACION AGRARIA
Programa Capturas Tecnológicas - Subprograma Consultores Calificados
INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS

FORMULARIO DE PRESENTACION DE PROYECTOS
SUBPROGRAMA CONSULTORES CALIFICADOS.

1.- TÍTULO DE LA PROPUESTA :

ESTUDIO CONCEPTUAL DE CARACTERIZACION DE AGUAS SUBTERRANEAS EN EL VALLE DE ACONCAGUA E INCIDENCIA DE Y HACIA OTRAS CUENCAS.

2.- ESPECIALIDAD

Recursos hidrológicos; metereología; climatología; análisis , medición, y manejo de aguas de deshielos; geomorfología fluvial; estudios de sistemas de cuencas hídricas; erosión y formación de suelos; Recuperación de esteros y vegas.

3.- IDENTIFICACION DEL CONSULTOR

Nombre: ROBERT CURRY
Institución / Empresa UNIVERSITY OF CALIFORNIA, SANTA CRUZ
Dirección postal SANTA CRUZ, CALIFORNIA 95064
Teléfono (408) 4594061 (or), 4269604 (lab), 4266131 (res),
E Mail CURRY@CATS.UCSC.EDU
Nota: Curriculum Vitae en anexo.

4.- PATROCINANTE

Universidad Católica de Valparaíso a través de su Facultad de Agronomía.
La Palma , Quillota.

5.- CONTRAPARTE NACIONAL

Decano Facultad Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso
Profesor Eduardo Salgado.



NOMBRE	RUT	DIRECCION	ACTIVIDAD	FIRMA
1. Sr. Eduardo Salgado	5.575.024-6	Casilla 4-D Quillota	Decano Facultad de Agronomía	<i>[Signature]</i>
2. Sr. Levi Mansur	6.139.287-4	Casilla 520 Los Andes	Doctor en Genética Prof. Titular.	<i>[Signature]</i>

28 JUL. 1997
FIA

- ♦ 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 un proyecto sobre el aprovechamiento de los recursos hídricos subterráneos que contemple además la planificación de actividades para el manejo de información en un grupo de trabajo permanente que esté relacionado con el Watershed Institute de California. Dicho Grupo podrá estar formado por el Instituto de Ciencias Aplicadas y por los encargados del uso y distribución de agua subterránea y usuarios locales de dicho recurso (Agricultores, empresas mineras, etc).

7.2.- Justificación de la necesidad y oportunidad de realizar la propuesta.

Esta consultoria se hace necesaria por 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. En especial estimamos que se hace crítica la necesidad de 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

Además, se tiene el contacto con el Profesor Robert Curry quien manifestó su disponibilidad para realizar esta consultoria y en producir el Anteproyecto Objetivo, así como a canalizar los contactos para requerir el financiamiento desde USA a las actividades de estudio desde 1998 en adelante.

Por último, se está en la fecha oportuna para realizar la propuesta puesto que el viaje del profesor Curry se puede programar para la primavera del hemisferio Sur, fecha en que se tendrá ya caracterizado el tipo de año hidrológico 1997, desde el punto de vista de su tipificación de recursos precipitados.

7.3.- Antecedentes técnicos y viabilidad de incorporación de la tecnología involucrada al Valle de Aconcagua y a Chile

El Profesor Robert Curry es un experto en recursos hidrológicos subterráneos y manejo de aguas de deshielo. El Sr. Curry tiene diferentes especialidades de investigación científicas que pueden ser de extrema utilidad para la región del Valle de Aconcagua y para Chile. Entre ellas, específicamente, se destaca la especialización en Geomorfología Fluvial; Recuperación de esteros y vegas; Estudios de Sistemas de Cuencas Hídricas; Geología Ambiental; Erosión y Formación de Suelos; Polución Hídrica; Política de Conservación y Uso de agua y Energía; Climatología.



Es de especial interés la experiencia acumulada por el Prof. Curry en los estudios realizados en las cuencas hídricas de la Sierra Nevada y el trabajo de planificación y conservación de aguas de deshielo para la utilización en verano y tiempos de sequía. El Prof. Robert Curry es responsable por un proyecto de trabajo permanente con agricultores de Nuevo México para aprovechamiento de alto potencial y bajo costo de las aguas provenientes del deshielo de la región de Sangre de Cristo.

En particular, el trabajo se enfocará a las aguas subterráneas del Valle de Aconcagua, 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.

de

7.4.- Coherencia de la propuesta con las actividades innovadoras que los participantes desean promover en el mediano plazo, y resultados o productos esperados con la realización de la propuesta

La consultoría del Profesor Robert Curry permitirá dar inicio a 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 ambos países. Igualmente, el contacto directo con los agricultores de la región que serán parte integral del programa de optimización, manejo y utilización de aguas de reservorios naturales (glaciares, acuíferos) para uso y conservación en tiempos de sequía.

Dicho Proyecto, que debe ser realizado entre los años 1998 y 2000, será presentado a la USAID (United States Agency for International Development) u otras agencias del exterior, para captar el financiamiento necesario para su realización.

Con esto se pretende transferir directamente la experiencia del experto que preparará los alcances, metodologías y programa del proyecto a nivel conceptual.

Más importante aún, la gira permitirá que la elaboración del Proyecto se haga en conjunto, entre el experto y los usuarios responsables de su implementación y ejecución futura, a saber, las autoridades encargadas de recursos hídricos y los agricultores.



8.- COMPROMISO DE TRANSFERENCIA

La transferencia será realizada a través de sesiones de trabajo y Focus Group con:

- a) con técnicos y especialistas².
- b) con agricultores, canalistas y empresas mineras.

Se pretende también dar continuidad a esta transferencia a través de trabajos con especialistas locales que formarán un equipo estable de trabajo en la zona, integrando una red internacional de información con el Hemisferio Norte, a través de un contacto permanente con el Watershed Institute de California. Las actividades comprenden: Charlas, estudios y reuniones con este equipo, visitas al terreno en el Valle de Aconcagua, cuencas adyacentes y glaciares y, en general, todos aquellos sectores más fuertemente afectados por la sequía.

Finalmente, la transferencia será realizada a través de la difusión del proyecto a nivel conceptual de "CARACTERIZACION DE AGUAS SUBTERRANEAS EN EL VALLE DE ACONCAGUA E INCIDENCIA DE Y HACIA OTRAS CUENCAS" y de la planificación de proyectos específicos con agricultores locales utilizando la experiencia adquirida en California y en especial, en Nuevo México.

9.- BENEFICIARIOS

Se estima que los beneficiarios de un estudio de esta naturaleza serían:

- * Usuarios del Servicio de Agua Potable de la Quinta Región del país (aproximadamente 600.000 habitantes)
- * Usuarios del sistema de canalización de riego de las Provincias de Los Andes, San Felipe y Quillota.

10.- IMPACTOS ESPERADOS

- ♦ Materialización de un Estudio científico completo y moderno sobre el recurso de Aguas Subterráneas, sus potencialidades y limitaciones para su mejor aprovechamiento. Obtención de información y generación de un sistema de información para su manejo y toma de decisiones.
- ♦ Adquisición de conocimientos sobre tecnologías y métodos de manejo y administración del recurso agua, a nivel de usuarios y autoridades de la región.

² No se descarta en este caso la organización de seminarios que se autofinancien a través de instituciones como CIDES u otras relacionadas al SENCE



FUNDACION PARA LA INNOVACION AGRARIA
Programa Capturas Tecnológicas - Subprograma Consultores Calificados
INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS

- ♦ Adquisición de equipos y canales de comunicación , intercambio de información hidrometeorológica a nivel internacional. Integración a una red internacional de información.
- ♦ Ahorro de costos y disminución de la vulnerabilidad en las labores agrícolas por la introducción de métodos modernos de aprovechamiento del agua y por prácticas de reserva en materia de aguas subterráneas.
- ♦ Mayores beneficios en las producciones agrícola por mejoras de rendimiento y eficiencia de las nuevas técnicas de riego, y la utilización del riego como un método de mejora de las productividades.
- ♦ Incorporación futura de Sistemas y Tecnologías de Medición y Caracterización de recursos hídricos subterráneos y sensibilización de sus potencialidades frente a la variabilidad de los ciclos hidrológicos.
- ♦ Factibilidad de estudios de post-grado para ingenieros nacionales.

Finalmente, el principal impacto esperado es la búsqueda y definición de fuentes y recursos hídricos alternativos, recuperación de cuencas, planificación de sistemas de recuperación, conservación y almacenamiento de agua de deshielo para la utilización racional en temporada de riego y especialmente para tiempo de sequía.

