



Bulletin de l'Institut français d'études andines  
ISSN: 0303-7495  
secretariat@ifea.org.pe  
Institut Français d'Études Andines  
Organismo Internacional

Pourrut, Pierre

Algunos logros del convenio internacional entre la UCN (Chile) y ORSTOM (Francia) - 1991-1997

Bulletin de l'Institut français d'études andines, vol. 27, núm. 3, 1998

Institut Français d'Études Andines

Lima, Organismo Internacional

Available in: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12627301>

- ▶ How to cite
- ▶ Complete issue
- ▶ More information about this article
- ▶ Journal's homepage in redalyc.org

**SEMINARIO DE ANTOFAGASTA**  
**SÉMINAIRE D'ANTOFAGASTA**  
**SEMINAR OF ANTOFAGASTA**

## ALGUNOS LOGROS DEL CONVENIO INTERNACIONAL ENTRE LA UCN (CHILE) Y ORSTOM (FRANCIA) - 1991-1997

Pierre POURRUT\*

### Resumen

Las pocas páginas de este artículo no permiten exponer *in extenso* el tenor de los resultados científicos obtenidos a lo largo de seis años de estudios, siendo una parte de ellos presentada en las demás comunicaciones del coloquio a las que se puede remitir. El autor no hace más que referirse al cumplimiento de los objetivos específicos definidos por el convenio UCN-ORSTOM: organización del trabajo, áreas de estudio, actividades académicas e investigadoras, realización de tesis y memorias, obtención y difusión de los resultados, planteamiento de prioridades para el futuro y bibliografía.

**Palabras claves:** Docencia, capacitación, tesis, grupo UNIRHI, artículos científicos, SIG.

### QUELQUES ACQUIS DE LA CONVENTION INTERNATIONALE ENTRE L'UCN (CHILI) ET L'ORSTOM (FRANCE) - 1991-1997

### Résumé

Les quelques pages de cet article sont insuffisantes pour exposer *in extenso* la teneur des résultats scientifiques obtenus pendant six ans d'études, une partie étant reprise dans d'autres communications du colloque auxquelles on est prié de se référer. L'auteur présente simplement les acquis se rapportant aux divers objectifs spécifiques définis par la convention UCN-ORSTOM : organisation du travail, choix des secteurs étudiés, activités d'enseignement et de recherche, réalisation de thèses et de mémoires, obtention et diffusion des résultats, établissement de priorités pour les activités futures et bibliographie.

**Mots-clés :** Enseignement, formation, thèses, groupe UNIRHI, articles scientifiques, SIG.

### SOME ATTAINMENT OF THE INTERNATIONAL COVENANT BETWEEN UCN (CHILE) AND ORSTOM (FRANCE) - 1991-1997

### Abstract

The few pages of this paper are insufficient to expose *in extenso* the contents of scientific results obtained after six years of studies; you may have references of part of them exhibited in

\*IRD (ex-ORSTOM)- UR 21 - Grupo UNHIRI - Écluse du Fossat, 46700 SOTURAC, Francia.

other papers of this event. The author presents only some attainment about the numerous specific objectives of the UCN-ORSTOM covenant: work organization, selection of the study areas, academic and research activities, realization of thesis and memories, obtaining and diffusion of results, establishment of future priorities and bibliography.

**Key-words:** *Education, capacitación, tesis, UNIRHI group, scientific papers, GIS.*

## 1. MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL

En enero de 1991, se oficializó una colaboración científica entre la Universidad Católica del Norte (UCN) y El *Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération* (ORSTOM) de Francia, dando lugar a dos protocolos de cooperación técnicocientífica:

- Convenio General de Cooperación
- Convenio Específico en Hidrología

Ambos convenios, cuya duración era de tres años, fueron renovados para otro período de la misma duración en enero de 1994. El Convenio General fue a su vez renovado a principios de 1997, lo que otorga el respaldo legal y oficial para seguir adelante con una colaboración en cualquier campo científico que despierte un interés mutuo de las dos entidades. Mientras tanto, siendo alcanzadas las principales metas contempladas en los primeros términos de referencia del Convenio Específico en el campo de los Recursos Hídricos, no se consideró pertinente renovarlo de inmediato, a pesar de que las puertas quedan abiertas para elaborar nuevos objetivos cuando ambas partes lo consideren oportuno.

## 2. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Llegando a su fin una colaboración de cada instante durante seis años, el propósito de esta comunicación es presentar el marco general de la organización de los estudios, establecer un balance de los logros obtenidos y señalar los múltiples alcances y beneficios que permiten el mejor conocimiento de la realidad hidrológica regional. Los objetivos inicialmente planteados, a los que se agregaron nuevas metas obvias descubiertas en el transcurso de las investigaciones, fueron los siguientes:

- \* localizar y evaluar la cantidad y calidad de las aguas disponibles en el marco general del desarrollo regional, en la forma más exhaustiva posible y a distintos plazos;
- \* con el fin de promover una gestión adecuada del recurso agua, realizar estudios tendientes a conocer y comprender los mecanismos que rigen su formación, su circulación y su almacenamiento subterráneo, además de su importancia para la conservación del medio ambiente;
- \* para llegar a la meta anterior, instalar estaciones hidrológicas o climatológicas representativas en las zonas hasta ahora carentes de información confiable;

- \* establecer nexos con el mundo universitario y los centros e institutos internacionales de investigación, en el campo de los recursos hídricos;
- \* realizar proyectos multidisciplinarios y multiinstitucionales, con carácter internacional, en la región andina y/o desértica;
- \* promover la formación y el perfeccionamiento, tanto de estudiantes como de académicos, a través de la realización de becas en Francia y, a nivel local, mediante la elección de temas dando lugar a la ejecución de memorias de grado en las materias vinculadas con el agua;
- \* brindar a las entidades y/o empresas que lo requieran una asesoría y asistencia técnica.

### 3. EQUIPO HUMANO Y MEDIOS DE TRABAJO

El Convenio Específico se materializó en la formulación y desarrollo de un proyecto de la Dirección General de Investigación y Cooperación Técnica (DGICT) de la UCN, titulado «Evaluación y Gestión de Recursos Hídricos de la II Región». Se constituyó un grupo multidisciplinario binacional, denominado Unidad de Investigación del Recurso Hídrico (UNIRHI), conformado por distinguidos académicos de distintas Facultades de la Universidad (Ciencias - Arquitectura, Construcción e Ingeniería Civil - Ciencias Geológicas): Hugo Alonso y Lucy Vargas del Departamento de Química, Jorge Araya del Departamento de Física, Leonardo Mardones del Departamento de Ciencias Geológicas, Alex Covarrubias y Claudio Vera del Departamento de Ingeniería Civil. Los investigadores de ORSTOM pertenecientes al grupo en su inicio eran Pierre Pourrut, asignado en calidad de jornada completa desde enero de 1992 (hasta julio de 1997), y Jacques Bourges, que venía cumpliendo misiones periódicas. A ellos se sumaron, Jérôme Patoux, también asignado con jornada completa desde junio de 1995 y Marc Alary quien llegó en septiembre de 1996 para quedarse hasta octubre de 1997. Cabe mencionar que, en función de las necesidades de los estudios, se hicieron presentes distintos especialistas técnicos o responsables administrativos de dicha institución: Bernard Pouyaud, Michel Rieu, Pierre Chevallier, Roger Chartier, Isabelle Chaffaut, Dominique Hervé y Didier Génin, entre otros.

Para cumplir con los objetivos indicados, en particular para la implementación de algunas estaciones hidroclimatológicas de registro, fue necesario disponer de instrumental especializado. En este contexto, ORSTOM suministró gran parte del material necesario y el convenio ECOS (acuerdo bilateral Chile-Francia) permitió la compra del complemento, compartiéndose con la UCN los gastos de operación. Apoyándose en esta red de adquisición de datos nuevos, la fase de investigación se desarrolló a través de distintos proyectos científicos con financiamiento compartido entre la UCN y ORSTOM, además de un notable apoyo económico y anímico de la empresa ESSAN S.A. desde fines de 1994.

### 4. DISTINTAS FASES Y ALCANCE DE LOS ESTUDIOS

Pueden ser discriminadas tres etapas de trabajo descritas más adelante.

#### **4. 1. Primera etapa: desde noviembre de 1991 hasta mediados de 1993**

Esta fase consideró la puesta en marcha del convenio, el acercamiento a la realidad hidrológica de la región (características desérticas y andinas) y la obtención de los primeros resultados.

##### *4. 1. 1. Puesta en marcha del convenio*

- Organización de un seminario internacional sobre la Hidrología del Altiplano, en noviembre de 1991;
- conformación de la unidad de trabajo multidisciplinaria binacional UNIRHI, ya mencionada;
- definición de un plan de acción previo en función de los términos de referencia teóricos planteados en el convenio. Fueron circunscritas dos áreas prioritarias de estudio: las Vegas de Turi (hidrogeología) y la cuenca del río Salado (hidrología).

##### *4. 1. 2. Acercamiento a la realidad hidrológica regional*

- Análisis crítico de la información disponible (Dirección General de Aguas y entidades distintas);
- giras de terreno para conocer la red de estaciones de medición hidroclimática y apreciar el papel de la geología, estimándose rápidamente que los aportes subterráneos debían ser mayoritarios.

##### *4. 1. 3. Obtención y difusión de los primeros resultados*

Los primeros logros fueron comunicados en un seminario público (agosto de 1992), con extensión de la correspondiente documentación a la gente interesada. Además, algunos de los principales logros fueron expuestos en diferentes encuentros científicos chilenos o internacionales. La lista de los resultados de esta etapa consta en la bibliografía a continuación.

ALONSO, H., VARGAS, L. & ZAMARRENO, R., 1992 - Hidroquímica del Salado - II Región. *in: 1er Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región*; Antofagasta: convenio UCN-ORSTOM, 14 de agosto de 1992.

ALONSO, H., 1992 - Evaluación de los Recursos Hídricos en el Sector Chileno de la Cuenca del Río Zapaleri - II Región. *in: 1er Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región*; Antofagasta: convenio UCN-ORSTOM, 14 de agosto de 1992.

ALONSO, H., 1992 - Arsenic Enrichment in Superficial Waters, II Region, Northern Chile. *in: Arsenic in the environment and its incidence on health*: ; - International Seminar, May 25 to 29, 1992. Organizado por la Universidad de Chile e International Development Research Center, Canadá.

ALONSO, H. & ZAMARRENO, R., 1992 - Arsenic in the Water Soil - Alfalfa System, Second Region, Preliminary Results. *in: Arsenic in the environment and its incidence on health*: ; - International Seminar, May 25 to 29, 1992. Organizado por la Universidad de Chile e International Development Research Center, Canadá.

- ALONSO, H., DIAZ, J. & VALDES, V., 1992 - Deterioro de la Calidad de un río Aguas Abajo del Área Regada en Ambiente Salino. Caso del río Loa, Calama, II<sup>a</sup> Región. *in: II Encuentro Nacional en Ciencias de la Tierra*; Santiago, 17-21 agosto, 1992. Organizado por el Instituto Geográfico Militar.
- ARAYA, J., 1992 - Evaluación y Gestión de Recursos Hídricos de la II Región - Meteorología. *in: Ier Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región*; Antofagasta: convenio UCN-ORSTOM, 14 de agosto de 1992.
- ARAYA, J. & BÖRGEL, R., 1992 - Evaluación y Gestión de Recursos Hídricos de la II Región. Información y Cartografía Básica. *in: Ier Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región*; Antofagasta: convenio UCN-ORSTOM, 14 de agosto de 1992.
- ARAYA, J. & CORREA, A., 1992 - Elaboración y Prueba de Modelos Semi-empíricos para Estimar Evaporación Potencial en Antofagasta. *in: II Encuentro Nacional en Ciencias de la Tierra*; Santiago, 17-21 agosto, 1992. Organizado por el Instituto Geográfico Militar.
- ARAYA, J. & CORREA, A., 1992 - Justificación e Interpretación Física de la Relación Lineal entre reflectancia y Temperatura Superficial, obtenida de datos satelitales. *in: IV Encuentro Nacional de Percepción Remota*; Antofagasta: SELPER, Chile, 28-30 de julio de 1992.
- BOURGES, J., COVARRUBIAS, A. & KOHNENKAMP, J., 1992 - Recursos Superficiales - Banco de Datos Hidropluviométricos - II Región. *in: Ier Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región*; Antofagasta: convenio UCN-ORSTOM, 14 de agosto de 1992.
- MARDONES, L., POURRUT, P., 1992 - Estimación de los Recursos Hídricos Subterráneos Explotables - II Región - Puna y Precordillera. *in: Ier Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región*; Antofagasta: convenio UCN-ORSTOM, 14 de agosto de 1992.
- POURRUT, P., 1992 - El Desierto, El Hombre y El Agua - II Región - Desierto de Atacama y precordillera - Ideas para un futuro programa. *in: Ier Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región*; Antofagasta: convenio UCN-ORSTOM, 14 de agosto de 1992.
- SEPULVEDA, J., VERA, C. & POURRUT, P., 1992 - Evaluación de los Requerimientos Hídricos Actuales y Futuros - II Región. *in: Ier Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región*; Antofagasta: convenio UCN-ORSTOM, 14 de agosto de 1992.
- SEPULVEDA, J., 1993 - Evaluación de los requerimientos hídricos actuales y futuros de la II Región. Tesis de grado para el título de Ingeniero Civil, mayo de 1993.

#### 4. 2. Segunda etapa: desde mediados de 1993 hasta mediados de 1995

Esta fase coincidió con la definición de nuevas y ambiciosas estrategias políticas para fomentar el desarrollo regional. Fue la época cuando se concretaron dos conceptos: el primero fue la vinculación estrecha que existía entre un desarrollo sostenible y las reservas de agua, y el segundo fue la toma de conciencia del papel preponderante que los estudios académicos desempeñaban al respecto. En efecto, los resultados de la fase anterior de investigación impactaron fuertemente los responsables políticos y los planificadores del agua a nivel regional, en especial el aspecto "fósil" de las aguas extraídas y la poca o hasta nula renovación de los recursos hídricos, dibujando un panorama negro para el futuro.

Es así como las labores del grupo fueron enfocadas hacia la realización de dos objetivos principales:

- realizar investigaciones para encontrar nuevas reservas de agua y cuantificar sus potencialidades;
- disponer de un grupo de profesionales altamente calificados. Además de brindar una formación adicional a los profesores de la universidad, se dio énfasis en la capacitación de estudiantes seleccionados mediante la dirección científica y seguimiento de memorias en Hidráulica-Hidrología y Geología-Hidrogeología.

#### *4. 2. 1. Labores de formación y perfeccionamiento, becas*

Paralelamente con el desarrollo de las actividades de investigación, distintas acciones de formación y perfeccionamiento académico o técnico han sido realizadas:

- en Chile, mediante la realización de más de veinte trabajos para titulación y obtención de grados académicos chilenos (ingeniería o licenciatura) o franceses (tesis de tercer grado o doctorados). La lista (no exhaustiva ya que algunas están todavía en curso) de dichos trabajos consta en las presentes bibliografías;
- en Francia, con acciones concretas citadas a continuación:

- \* Tesis de Doctorado Francés, Universidad de París VI-Orsay, en el campo de las hidrología, climatología e hidrogeología isotópica (Ing. Leonardo Mardones P., Isabelle Chaffaut);
- \* Estadía de especialización, en Centro de meteorología espacial de Lannion y Centro ORSTOM de Montpellier, en sensores remotos e interpretación de imágenes satelitales, II semestre de 1993 (M. Sc. Jorge Araya V.);
- \* Estadía de especialización, en los laboratorios de Bondy y Montpellier, en técnicas analíticas de elementos mayores y elementos trazas en aguas y suelos, I semestre de 1995 (Lucy Vargas M.);
- \* DEA, Universidad de Montpellier II, en el campo de las ciencias del agua en el medio continental, a partir del II semestre de 1995 (Ing. Alex Covarrubias A.).

En este campo, además de la ayuda proporcionada por ORSTOM para las actividades de formación, tanto en Francia como en Chile (subsidios a los estudiantes), el programa ha sido beneficiado con becas de intercambio académico otorgadas por el programa ECOS-CONICYT.

#### *4. 2. 2. Programas de investigación*

La puesta en explotación de nuevos yacimientos minerales y el ritmo acelerado del auge demográfico de los polos urbanos se traducían en un crecimiento muy elevado de los requerimientos de agua. Frente a recursos hídricos extremadamente limitados, en gran parte con una calidad físicoquímica apenas tolerable, este elevado aumento de las necesidades hacía difícil una buena adecuación entre oferta y demanda. Es por esta razón que el problema de suministro de agua iba tomando cada día dimensiones crecientes y constituía la mayor preocupación de los servicios de planificación del Gobierno Regional. En el caso de no incrementarse los caudales de agua reconocidos, y de no imponerse medidas drásticas para la racionalización de su uso, las previsiones

en cuanto a extracciones futuras dejaban claramente establecido que los dos sectores en expansión (minero y urbano) tendrían en conjunto, a finalizar el siglo, un déficit cercano a los 5 000 l/s.

Por razones que se detallan en cada uno de ellos, los estudios fueron enfocados hacia tres programas considerados como prioritarios en función de la coyuntura del momento: 1 - Hoya superior del río Loa; 2 - Hoya del río Zapaleri (sector chileno); 3 - El Desierto, el Hombre y el Agua.

#### 1 - Hoya superior del río Loa

En la búsqueda de nuevos recursos en zonas inexploradas y después del estudio en la primera fase del río Salado, que constituía la mayor fuente de agua a escala regional, el Alto Loa surgió como la etapa secuencial lógica dentro del programa de actividades a realizar por UNIRHI. En efecto, pese a ser el Loa el principal sustento de recursos hídricos superficiales de la II Región, el origen y fortalecimiento de los escurrimientos en su zona más septentrional se presentaba como su mayor incógnita. ¿Dónde nace, cómo se desarrolla en sus primeros kilómetros, cuál es su calidad química inicial, cómo van aumentando sus volúmenes?, eran algunas de las preguntas que no habían sido satisfactoriamente respondidas.

Entre las diversas actividades de gabinete y de terreno que fueron desarrolladas, cabe mencionar las siguientes: recopilación de toda la información hidroclimatológica existente, reconocimiento y medición de los distintos afluentes que aportan al flujo del cauce principal, muestreos para análisis químicos e isotópicos, ejecución de perfiles dinámicos de variación de caudales, reconocimiento geológico de las formaciones y accidentes tectónicos que influyen en las fluctuaciones de la escorrentía.

Estas actividades permitieron alcanzar la mayoría de los objetivos específicos planteados, en especial: inventariar las reservas de agua (ubicación, cantidad y calidad), conocer mejor los mecanismos que rigen la constitución y circulación del agua en la zona, comprobar la representatividad de la cuenca del río Salado y sentar las bases para extrapolar los resultados a las hoyas no equipadas de redes de observación.

#### 2 - Hoya del río Zapaleri (sector chileno)

En paralelo, frente al aumento exponencial de la demanda de agua potable, el río fronterizo Zapaleri constituía una de las últimas fuentes de agua superficial por explotar. Era necesario entonces realizar un estudio sistemático y serio de la cuenca en general y de su parte chilena en particular. Cabe recalcar que, dadas las características de la zona (lejanía, difícil acceso, gran altura topográfica, condiciones climáticas extremas), el proyecto era un verdadero desafío pero tenía un interés especial. En primer lugar porque el área podía ser considerada como un polo académico de demostración, un laboratorio de terreno donde poner a prueba diversos instrumentos registradores, sometiéndolos a condiciones extremas, y donde afinar las metodologías con miras a su extrapolación a otras zonas desconocidas. En segundo lugar porque el hecho de emprender esta investigación, en una cuenca cuyos recursos hídricos eran compartidos con otros dos países limítrofes, planteaba la posibilidad de reunir las bases científicas y legales para conformar un modelo susceptible de ser extrapolado a otras zonas.

Las principales actividades realizadas (con una sustancial ayuda financiera adicional de ESSAN S.A.) en el área geográfica de la cuenca fueron la instalación de redes de observación y la realización de mediciones con una periodicidad máxima de un mes, muchas veces menos. Cabe destacar la instalación de una plataforma climatológica Campbell-ORSTOM automática en Quisquiro, de una red de totalizadores en toda la cuenca y, en el río Zapaleri después de su junta con el estero Chicaliri (altura = 4 350 m.s.n.m.), la construcción de una sección de control de hormigón (umbral estable) y la puesta en marcha de una estación limnigráfica autónoma ELSYDE-ORSTOM con transmisión satelital.

El tratamiento de las múltiples mediciones efectuadas, a veces en condiciones muy difíciles, permitieron entre otros resultados conocer las características climáticas que rigen a esta altura y cuantificar, con exactitud, el potencial hídrico global así como las variaciones estacionales del caudal del río Zapaleri, además de identificar y discriminar la procedencia de los aportes subterráneos al río y a la laguna de Tara.

### 3 - El Desierto, el Hombre y el Agua

Este programa nació cuando se evidenció que la búsqueda del desarrollo sostenido de la II Región conllevaba algunos aspectos que no siempre estaban acordes con el patrón de vida de algunas comunidades campesinas atacameñas presentes en la región desde hace milenios. En otros términos, se debía agregar una dimensión humana al paquete de medidas y estudios meramente científicos proyectados por UNIRHI, en el afán de aportar algunas soluciones que satisfagan a la vez los intereses aparentemente divergentes del desarrollo regional y de los agricultores tradicionales.

Es importante subrayar la coincidencia de ubicación, en el piedemonte andino, entre los perímetros agrícolas tradicionales esparcidos en oasis (*ayllus*) entre 2 200 y 3 700 m.s.n.m. y las hoyas de explotación del agua. Considerándola bajo un ángulo global, la problemática trasciende la escala estrictamente local ya que la zona genera más del 90% de las reservas utilizadas en toda la II Región. Además, en paralelo con el crecimiento muy elevado de los requerimientos de agua (explotación de nuevos yacimientos minerales y auge demográfico de los polos urbanos), se estaba produciendo desde hace veinte años un fuerte y generalizado movimiento migratorio del campo hacia la ciudad. Este proceso podía reflejar el enorme poder atractivo de las grandes urbes regionales, o el deseo de una mayor participación a la sociedad en desarrollo, o quizás la degradación acelerada de las condiciones de vida del minifundio en las áreas rurales andinas. Sea lo que sea, era obvio que esta situación se alzaba como una enorme fuente de conflictos frente a las metas fijadas para alcanzar un desarrollo regional ambicioso. Además, entre otras hipótesis, algunos de los más afamados analistas de la época aseguraban que el proceso migratorio era una consecuencia directa de la disminución de los caudales y calidad química de las aguas de riego en los *ayllus*. Fue para tratar de descifrar el enigma que se organizó el programa de estudios "El desierto, el Hombre y el Agua", esforzándose de efectuar una investigación lo más pluridisciplinaria posible, con la participación multiinstitucional e internacional de muchos especialistas, tanto en ciencias exactas como biológicas y sociales, hasta conformar un grupo de trabajo mayor de veinte investigadores. Se indican brevemente a continuación el planteamiento teórico de los estudios y los logros (algunos de ellos inesperados) obtenidos.

En el desierto de Atacama, las comunidades campesinas esparcidas en los oasis han desarrollado técnicas de pervivencia heredadas del pasado. Mientras que la sociedad atacameña tuvo que afrontar un medio natural inhóspito y múltiples agresiones de índole sociocultural a lo largo de una historia de 15 000 años, es legítimo preguntarse sobre la naturaleza de los mecanismos que permitieron preservar los recursos del entorno natural y conservar la integridad de su identidad cultural. ¿En qué medida la explotación acelerada del potencial minero está vinculada con la disminución de las cantidades de agua destinadas al riego y, por ende, cuál es su grado de responsabilidad en el proceso de abandono de los *ayllus* y éxodo rural observado en el transcurso de estos últimos decenios? ¿En qué medida las especificidades y potencialidades de los sistemas modernos de producción agraria ofrecen al sector rural los medios que permitirán sacar un provecho suficiente para resguardar su perennidad?

El examen del pasado arqueológico e histórico, el estudio del funcionamiento social de las comunidades modernas y el análisis actualizado de los principales índices económicos de producción agraria permiten responder a estas preguntas y proponer una perspectiva moderadamente optimista respecto del devenir de la identidad del grupo étnico. Es así como el éxodo rural no ha sido provocado directamente por una disminución de las aguas agrícolas disponibles. Se explica más bien por una voluntad de incorporación temporal a la sociedad moderna con el fin de aprovechar las ventajas ofrecidas por la civilización mientras se procedía a una especie de puesta en "estado de hibernación" de las tierras que eran momentáneamente confiadas a los ancianos. Este parecer responde a lo que se podría llamar un "instinto de conservación étnica" que se ubica en el marco de los numerosos mecanismos adaptativos desarrollados por los atacameños a lo largo de toda su historia. Hoy en día, la integración juiciosa de algunos sistemas de producción a los mercados urbanos regionales, las pruebas evidentes de la conservación de muchos de los ritos tradicionales y, por último, el regreso al *terruño* de los jóvenes para administrar acertadamente los espacios productivos hacen gala, una vez más, de una extraordinaria soltura adaptativa. A pesar de la intensidad del impacto de los múltiples factores desestabilizadores impuestos por la sociedad moderna, no cabe duda de que los atacameños sabrán luchar para preservar sus recursos naturales y conservar su integridad cultural.

#### 4. 2. 3. Tesis, comunicaciones a eventos científicos y publicaciones

- ALONSO, H. & POURRUT, P., 1993 - *Le désert, l'homme et l'eau - Programme scientifique*; Paris: Séminaire DURR.
- ALONSO, H. & VARGAS, L., 1993 - *Hidroquímica de Aguas del Altiplano. 2º Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región*, Logros Científicos; Antofagasta: convenio UCN-ORSTOM.
- ALONSO, H., 1993 - Manejo de una Cuenca Hidrológica en Situación Límite, Río Loa, Norte de Chile. in: *II Congreso Regional: el Noroeste Argentino (NOA) y su medio ambiente*; Salta: Universidad Nacional de Salta, 2-4 de setiembre de 1993.
- ALONSO, H. & ROJAS, R., 1994 - Boro en Sistema Suelo-Agua en la II Región. in: *VII Congreso geológico chileno*; Concepción: octubre de 1994.
- ARAYA, J., MARDONES, L., POURRUT, P. & VERA, C., 1993 - Perspectivas 1993-94. Investigaciones Programadas. in: *2º Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región*, Logros Científicos; Antofagasta: convenio UCN-ORSTOM, 1993.

- ARAYA, E., 1993 - Nitrógeno, Potasio y Conductividad Eléctrica en Suelos de Ayquina, Toconce y Caspana. Contribución al Estudio de su Fertilidad. Memoria de grado para el título de Licenciado en Química, julio de 1993.
- ARAYA, J., MARDONES, L., POURRUT, P. & VERA, C., 1993 - Estado de avance y Perspectivas 1993-94. Investigaciones programadas de "El desierto, el hombre y el agua. in: *2º Seminario Evaluación y gestión de recursos hídricos de la II Región, Logros Científicos*; Antofagasta: convenio UCN-ORSTOM, 1993.
- ARAYA, J., COVARRUBIAS, A., POURRUT, P., CHAFFAUT, I., CHARTIER, R., ET AL., 1995 - Estudios hidroclimatológicos en la puna chilena. in: *Cuartas Jornadas de trabajo del PHI*; Antofagasta: agosto de 1995.
- BORGÉL, R., 1994 - Fotointerpretación y paleogeomorfología del sector de San Pedro de Atacama. Comunicación interna para proyecto DURR, 1993.
- COVARRUBIAS, A., POURRUT, P., KOHNENKAMP, J., 1994 - Características y problemática hidrológica en los altos Andes septentrionales de Chile. in: *2º Congreso latinoamericano de Hidrología Subterránea*, ; Santiago: nov. 1994.
- COVARRUBIAS, A. & POURRUT, P., 1993 - Observaciones Hidrológicas en las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Zapaleri y Loa Superior. in: *2º Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región*, Logros Científicos - convenio UCN-ORSTOM; Antofagasta: 1993.
- CHÉHÈRE, E. & SOUFI, W., 1994 - Diagnostic agraire de l'oasis de San Pedro de Atacama. Mémoire de thèse de Doctorat de 3ème cycle, Institut Agronomique de Paris-Grignon, septembre 1994.
- FUENTES, S., 1993 - Contenido de Fósforo y Materia Orgánica en Ayquina, Toconce y Caspana. Contribución al Estudio de su Fertilidad. Memoria de grado para el título de Licenciado en Química, julio de 1993.
- FREDES, L., 1994 - Química de Suelos en Areas de Socaire y San Pedro de Atacama, II Región. Memoria de grado para el título de Licenciado en Química, 1994.
- KOHNENKAMP, J., 1993 - Balance y caracterización de los recursos de agua superficiales de la cuenca del río Salado, II Región. Memoria de grado para el título de Ingeniero Civil, octubre de 1993.
- KOHNENKAMP, J., COVARRUBIAS, A. & BOURGES, J., 1993 - Hidroclimatología y Balance Hídrico de la Cuenca del Río Salado del Loa. in: *2º Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región, Logros Científicos*, ; Antofagasta, convenio UCN-ORSTOM, 1993.
- POURRUT, P. & MARDONES, P., 1993 - Tipología y Mecanismos de Circulación de las Aguas Subterráneas en la Laderas de los Andes - II Región de Chile. in: *2º Seminario Evaluación y gestión de Recursos Hídricos en la II Región, Logros Científicos*, ; Antofagasta, convenio UCN-ORSTOM, 1993.
- POURRUT, P., 1995 - Uso agrícola del agua en el área atacameña. in: *Cuartas Jornadas de trabajo del PHI*; Antofagasta, agosto de 1995.
- POURRUT, P. & ALONSO, H., 1994 - *Le désert, l'homme et l'eau - Etat d'avancement du programme scientifique*. Séminaire DURR Montpellier, 1994.
- RAHAINGOMANANA, N., 1993 - Étude d'un système d'infiltration-percolation pour la réutilisation agricole des eaux usées. Magistère en Sciences et Techniques de l'Ingénierie Sanitaire et de l'Environnement, Université de Paris XII-Val de Marne.
- ROJAS, R., 1993 - Boro en Suelos y Aguas en Áreas Agrícolas de la segunda Región. Tesis de grado para el título de Ingeniero en Química, julio de 1993.
- RIVERA, F. & POURRUT, P., - 1993 - Percepción de la relación clima-recurso hídrico por las comunidades atacameñas del piedemonte andino - II Región de Chile. in: *13th International Congress of anthropological and ethnological sciences*, ; Mexico City, 29 July - 5 Aug., 1993.

RIVERA, F. & POURRUT, P., 1994 - La falta de agua en el norte de Chile: de problema étnico a crisis nacional. *in: 48th International Congress of Americanists*, ; Stockholm, July 4-9, 1994.

#### **4. 3. Tercera y última etapa, desde mediados de 1995 hasta mediados de 1997**

Esta última fase del convenio contemplaba tres puntos esenciales:

- el primero era la continuación de las investigaciones emprendidas en las áreas de interés definidas en la segunda etapa (Alto Loa, Zapaleri, perímetro de influencia atacameña);
- el segundo era asegurar la expansión correcta de los logros científicos y del paquete tecnológico;
- el último era la puesta en marcha de un sistema que concrete los beneficios de los resultados obtenidos a través de los años anteriores. En efecto, una vez realizada la labor fundamental de obtención de datos confiables y constitución de los correspondientes bancos de datos monotemáticos, se vislumbró que su carácter multifacético y su complejidad no permitían su utilización óptima, sino muy parcialmente y con fines meramente analíticos, a condición de estar puesta entre las manos de unos pocos especialistas. En la época en que vivía la II Región, con metas de un desarrollo económico altamente ambicioso que se encontraba en gran parte dependiente de los recursos hídricos en cuanto a su localización, utilización actual, cantidad aprovechable, calidad físicoquímica y uso a futuro, era evidente que la información generada por UNIRHI, a pesar de toda su valor científico, no constituía una herramienta que permitiera tener una visión sintética de las características, potencialidades o conflictos de uso, en una zona definida de antemano para ser intervenida (instalación de un proyecto agrícola, puesta en explotación de un yacimiento minero, captación de agua potable, etc.).

##### *4. 3. 1. Continuación de los estudios y extensión de los resultados*

Tal como ya se mencionó, las investigaciones en las áreas prioritarias definidas en la etapa anterior no podían pararse. Ellas siguieron adelante y se obtuvieron resultados muy importantes para entender mejor la compleja realidad del sector hídrico y para ingresarlos a las bases computacionales de datos monotemáticos.

Para concretar una política firme de extensión de los resultados, las tesis de los alumnos memoristas y los logros esenciales de las investigaciones dieron lugar a la publicación de distintas síntesis y comunicaciones a diferentes eventos científicos. Ellas constan más adelante en la bibliografía. Además, se decidió organizar el presente coloquio internacional con un enfoque de encuentro informal entre académicos, científicos, administradores, políticos y usuarios, en vista de debatir juntos de los resultados y opinar sobre la presentación pública del S.A.G.A.R.A., sistema computacional sumamente ágil para facilitar el uso de los logros (sus características se detallan en el párrafo 4. 3. 2.).

- CALDERON, A., 1996 - Relación de las rocas volcánicas con el flujo y almacenamiento de aguas subterráneas - Sector Vegas de Turi - II Región. Memoria de grado para el título de Geólogo, junio de 1996.
- HERRERA, C., 1995 - Geología e hidrogeología del área de la Sierra de Varas-Sierra Vaquillas Altas ( $24^{\circ} 30'$  -  $25^{\circ} 30'$  latitud sur y  $69^{\circ} 00'$  -  $69^{\circ} 30'$  longitud oeste) II Región. Memoria de grado para el título de Geólogo, diciembre de 1995.
- HERRERA, C., POURRUT, P. & CHONG, G., 1997 - Caracterización hidrogeológica de la Cordillera de Domeyko. *in: Octavo Congreso Geológico Chileno*, Antofagasta, a realizarse 4-8 de Agosto de 1997.
- LOYOLA, O., 1996 - Caracterización del Regadío Actual en Relación con la Tradición Hidráulica en el Área de Influencia de la Cultura Atacameña, II Región. Memoria de grado para el título de Ingeniero Civil, abril de 1996.
- PIZARRO, J., (en preparación) - El Regadío y sus Perspectivas Futuras, en el Sector Sur del Área de Influencia de la Cultura Atacameña, II Región. Tesis para optar al título de Ingeniero Civil.
- POURRUT, P. & COVARRUBIAS, A., 1995 - Existencia de agua en la II Región de Chile: interrogantes e hipótesis. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 24(3): 505-515.
- POURRUT, P. & NÚÑEZ, L. (editores), 1995 - *Agua, ocupación del espacio y economía campesina en la región atacameña - Aspectos dinámicos*. Universidad Católica del Norte/ ORSTOM, septiembre de 1995.
- 1 - POURRUT, P., 1995 - *El desierto, el hombre y el agua - Problemática regional en torno al agua*.
- 2 - NÚÑEZ, L., 1995 - *Evolución de la ocupación y organización del espacio atacameño*.
- 3 - RIVERA, F., 1995 - *Contexto histórico y social del manejo de los recursos agropecuarios en los oasis de San Pedro de Atacama*.
- 4 - GUNDERMANN, H. & GONZALEZ, H., 1995 - *Tierra, agua y sociedad atacameña, un escenario cambiante*.
- 5 - POURRUT, P. & NÚÑEZ, L., 1995 - *El agro y la identidad atacameña: entre la crisis y la esperanza*.
- POURRUT, P. & COVARRUBIAS, A., 1994 - High mountain basins in northern Chile: water problems in volcanic complex. *in: Conference on Assessment of Hydrological Temporal Variability and Changes*, Barcelona, Sep. 1994.
- POURRUT, P. & GRUPO UNIRHI (UCN), 1995 - *Existencia de Agua en la II<sup>a</sup> Región de Chile: Interrogantes e Hipótesis*. POSTER presentado en el coloquio "Water, Glaciers and Climatic Change in the Tropical Andes (Cordillera and Altiplano)"; La Paz, Bolivia, Jun. 1995.
- POURRUT, P. & CHONG, G., 1996 - ¿Está la sociedad atacameña condenada a muerte? *Revista Norte*, Nº 1; Antofagasta: Universidad Católica del Norte.
- POURRUT, P. & PATOUX, J., 1996 - ¿Por qué un sistema de Información Geográfica? *Revista Norte*, Nº 1; Antofagasta: Universidad Católica del Norte.
- POURRUT, P. & COVARRUBIAS, A., 1998 - Polémica alrededor del agua: ¿hacia donde va la Segunda Región? *Revista Norte*, Nº 2; Antofagasta, Universidad Católica del Norte (publicación prevista en marzo de 1998).
- POURRUT, P. & PATOUX, J., 1996 - Influence of temperature variations on the available daily runoff in a high mountain catchment. *in: Conference ERB on ecohydrological processes in small basins*; Strasbourg, september 24-26, 1996.
- POURRUT, P., 1996 - Chronique atacaménienne: la gestion sage d'une pénurie. Colloque de clôture de l'action incitative "Dynamique et Usage des Ressources Renouvelables (DURR)", Orléans, octobre 1996 - Contribución al volumen de síntesis global, publicación prevista en 1998.

POURRUT, P., LACOMBE, B., NÚÑEZ, L. et al., en preparación - *Les oasis du désert d'Atacama - Conquête de l'espace et maîtrise de l'eau par des communautés indiennes. Deux millénaires d'agropastoralisme.*

#### 4. 3. 2. Implementación de S.A.G.A.R.A., herramienta de gestión del agua

Para solucionar la preocupación planteada en la introducción del presente párrafo y permitir la optimización de la utilización del agua por parte de los planificadores, en especial aquellos del Gobierno Regional que no son obligatoriamente hidrólogos o geoquímicos expertos pero cuya gran ventaja es conocer las proyecciones económicas gubernamentales y de los demás sectores de desarrollo prioritarios, se hacía necesario encontrar una fórmula ágil. Dichas consideraciones llevaron a considerar la creación de un sistema dinámico que permita visualizar, en forma rápida y sencilla, los distintos parámetros de un problema determinado en una zona cualquiera de la II Región. Este sistema debía ser capaz de responder las preguntas científicas planteadas por los académicos y profesionales y, a la vez, ayudar los responsables de la planificación regional en la toma de decisiones a distintos plazos. Con tal propósito, desde fines de 1995, se implementó un Sistema de Información Geográfica (SIG) fundamentado en los distintos bancos de datos monotemáticos creados para este efecto, con el fin de cruzar entre sí y superponer los diferentes tipos de información (definida en tablas o listas), restituyéndolos bajo la forma de mapas pluritemáticos de fácil comprensión y manejo, a la escala deseada.

El SIG, denominado S.A.G.A.R.A. (Sistema de Ayuda a la Gestión del Agua en la II Región), ha sido realizado en el ambiente informático del software *ARCINFO* mediante su instalación en una potente estación de trabajo *Silicone Grafics*, lo que permite el procesamiento, la organización, la eventual reactualización, en fin la operación de todos los datos. En cuanto a la restitución de estos datos una vez procesados, el acceso a la información digitalizada se efectúa a través de la aplicación *ArcView* cuyo manejo es fácil. Por ejemplo, además de un mapa regional que sirve de referencia básica para la colocación de la información requerida por el usuario, el directorio "II Región" contiene los archivos referentes a Geografía, Hidrografía y Redes (con un esquema de la red de captación y distribución del agua potable), Hidrología, Calidad de las aguas, Meteorología, Geología y Yacimientos, Oferta de aguas superficiales y subterráneas, Demandas localizadas por cada uno de los grandes sectores de uso, entre otros.

Cabe señalar que la cooperación en el campo de los recursos hídricos debería culminar a fines del cuarto trimestre de 1997 con la entrega definitiva del S.A.G.A.R.A. a la comunidad académica y a las autoridades encargadas de la gestión del agua en la II Región, más una capacitación especial que debería brindarse en Francia a un informático de la Universidad Católica del Norte con financiamiento ECOS-CONICYT.