

# EL RECURSO AGUA EN LOS ANDES



ORGANIZAN



L'Institut  
français  
de recherche  
scientifique  
pour le  
développement  
en coopération

**COLOQUIO INTERNACIONAL**  
**10 - 13 de Junio de 1997 - Antofagasta**

**INFORMACIONES GENERALES**  
**Y**  
**LIBRO DE RESUMENES**

## *Coloquio Internacional*

# **EL RECURSO AGUA EN LOS ANDES SU GESTIÓN EN LA SEGUNDA REGIÓN DE CHILE**

**Antofagasta, 10-13 de junio de 1997**

**BAJO EL ALTO PATROCINIO DE**

**Universidad Católica del Norte UCN, CHILE**

**l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement  
en Coopération ORSTOM, FRANCIA**

**AUSPICIANT (orden alfabético)**

- Compañía Minera ZALDIVAR**
- CODELCO Chuquicamata**
- Coyne et Bellier, Bureau d'Ingénieurs conseils / EUROPACT Ltda**
- ESSAN S.A**
- Institut Français d'Etudes Andines IFEA**
- Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la  
Culture UNESCO - Programme Hydrologique International PHI**
- Minera ESCONDIDA Ltda**
- Ministère Français des Affaires Etrangères, Délégation Régionale de  
Coopération Scientifique et Technique DRCST de Carácas, et DRCST  
Cône Sud de Santiago.**

## EL COLOQUIO EN BREVE

### Direcciones

Universidad Católica del Norte, Avenida Angamos 0610, fono (56 55) 241148 ext. 211, fax 240024  
Hotel Diego de Almagro, Condell 2624, fono 268331  
Hotel Plaza, Baquedano 461, fono 269046

### **BAJO EL ALTO PATROCINIO DE**

Juan MUSÍC TOMICÍC,	Rector de la Universidad Católica del Norte UCN, Avenida Angamos 0610, B.P. 1280, ANTOFAGASTA, Chile
Jean NEMO	Directeur Général de l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération ORSTOM, 213 rue La Fayette, 75480 PARIS CEDEX 10, Francia
Raúl APAZ VARGAS	Vice-Rector Académico de la UCN
Gérard HÉRAIL	Représentant de l'ORSTOM au Chili, Román Díaz 264, Casilla 53390, Correo Central, Santiago 1

### **AUSPICIAN (orden alfabético)**

- Compañía Minera ZALDIVAR
- CODELCO Chuquicamata
- Coyne et Bellier, Bureau d'Ingénieurs conseils / EUROPACT Ltda
- ESSAN S.A
- Institut Français d'Etudes Andines IFEA
- Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture UNESCO  
Programme Hydrologique International PHI
- Minera ESCONDIDA Ltda
- Ministère Français des Affaires Etrangères, Délégation Régionale de Coopération Scientifique  
et Technique DRCST de Caracas, et DRCST Cône Sud de Santiago

### **COMITÉ DE ORGANIZACIÓN**

ARAYA Jorge, UCN, Coordinador UCN del Coloquio, Antofagasta  
POURRUT Pierre, Coordinateur ORSTOM du Colloque, Antofagasta  
ALARY Marc, ORSTOM Antofagasta  
COVARRUBIAS Alex, UCN  
ESPEJO Roberto, UCN  
LEIVA Nelda, ORSTOM Santiago  
VARGAS Lucy, UCN



## COMITÉ CIENTÍFICO

CHONG Guillermo, Director de la Dirección General de Investigación y Cooperación Técnica, UCN  
FERNÁNDEZ JÁUREGUI Carlos, Hidrólogo Regional de la Organisation des Nations Unies  
pour l'Education, la Science et la Culture UNESCO - Programa Hidrológico Internacional PHI  
RIEU Michel, Directeur Délégué, Responsable du Département des Eaux Continentales, ORSTOM Paris  
CHEVALLIER Pierre, Chef de l'UR 21 du DEC, ORSTOM Montpellier  
GROSJEAN Martin, Climate Change in Arid Zone, University of Bern, Suisse  
MESSERLI Bruno, Climate Change in Arid Zone, University of Bern, Suisse  
ACEITUNO Patricio, Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, Santiago  
POUYAUD Bernard, Responsable Neige et Glaciers Tropicaux, Représentant ORSTOM en Bolivie

## DISCURSOS OFICIALES Y CHARLAS DE INTRODUCCIÓN A LOS TEMAS

### 10 de Junio (Hotel Plaza)

- Palabras de bienvenida e indicaciones prácticas - Coordinadores del coloquio, **Jorge Araya y Pierre Pourrut**

### 11 de Junio

- Discurso oficial de apertura - Sr Rector de la UCN, **Juan Musíc Tomicic**  
- Charla de introducción al subtema 2- Sr Representante de ORSTOM en Chile, **Gérard Hérail**

### 12 de Junio

- Charla de introducción al tema 2 - Sr SEREMI de Minería IIª Región, **Orlayer Alcayaga**  
- Charla de introducción al subtema 4 - Sr Director de la DGICT de la UCN, **Guillermo Chong**

### 13 de Junio

- Charla de introducción al tema 3 - Hidrólogo Regional de la UNESCO, **Carlos Fernández J.**  
- Conclusiones de las Jornadas - **Guillermo Chong y Bernard Pouyaud**  
- Discurso de clausura - Alta autoridad universitaria (**Nombre no confirmado**)

## MODERADORES DE TEMAS Y ANIMADORES DE TALLERES (orden cronológico)

### 11 de Junio

Patricio Aceituno, Univ. de Chile, Chile  
Pierre Chevallier, ORSTOM, Francia  
Anne Coudrain-Ribstein, CNRS, Francia  
Bernard Pouyaud, ORSTOM, Francia-Bolivia  
Martin Grosjean, Univ. de Berna, Suiza  
Jorge Araya, UCN, Chile

### 12 de Junio

Carlos Díaz D., CIRA, Méjico  
Gustavo Gómez, INAMHI, Ecuador  
Carlos Fernández J., UNESCO, Uruguay  
Alex Covarrubias, UCN, Chile

### 13 de Junio

Carlos Salazar, DGA, Chile  
Pierre Chevallier, ORSTOM, Francia  
Martin Grosjean, Univ. de Berna, Suiza  
Reinaldo Borgel, PUCE Santiago, Chile  
Jorge Araya, UCN, Chile  
Pierre Chevallier, ORSTOM, Francia  
Alex Covarrubias, UCN, Chile  
Ulrich Schotterer, Univ. de Berna, Suiza  
Anne Coudrain-Ribstein, CNRS, Francia  
Carlos Díaz D., CIRA, Méjico  
Hugo Alonso, UCN  
Guillermo Chong, DGICT, UCN, Chile  
Bernard Pouyaud, ORSTOM, Francia-Bolivia

### AUTORES PRINCIPALES Y EXPOSITORES DE LAS COMUNICACIONES CIENTÍFICAS Y PANELES

- 1- Patricio Aceituno, [aceituno@dgf.uchile.cl](mailto:aceituno@dgf.uchile.cl)
- 2- Josyane Ronchail, [ronchail@cicrp.jussieu.fr](mailto:ronchail@cicrp.jussieu.fr)
- 3- Alain Gioda, [gioda@bo.net](mailto:gioda@bo.net), gentileza MR Prieto
- 4- Gabriel Vargas, poster, U Chile Santiago
- 5- Maria del Rosario Prieto, [Charopri@Planet.losandes.com.ar](mailto:Charopri@Planet.losandes.com.ar)
- 6- Roberto Espejo, UCN, fax (56 55) 240024 [respejo@socompa.cecun.ucn.cl](mailto:respejo@socompa.cecun.ucn.cl)
- 7- Martin Grosjean, [grosjean@giub.unibe.ch](mailto:grosjean@giub.unibe.ch)
- 8- Ulrich Schotterer, [uschotterer@pageigbp.unibe.ch](mailto:uschotterer@pageigbp.unibe.ch)
- 9- Lautaro Núñez, UCN, Museo San Pedro, fono 85 10 02
- 10- Gérard Hérail, [gherail@dgf.uchile.cl](mailto:gherail@dgf.uchile.cl)
- 11- Bernard Pouyaud, [pouyaud@coord.rds.org.bo](mailto:pouyaud@coord.rds.org.bo)
- 12- Remigio Galárraga, fax (593 2) 433 934
- 13- César Portocarrero, fax (51 44) 72 16 01
- 14- Eric Cadier, [cadier@pi.pro.ec](mailto:cadier@pi.pro.ec)
- 15- Jaime Argollo, gentileza Bernard Pouyaud, [pouyaud@coord.rds.org.bo](mailto:pouyaud@coord.rds.org.bo)
- 16- Anne Coudrain-Ribstein, [coudrain@biogeodis.jussieu.fr](mailto:coudrain@biogeodis.jussieu.fr)
- 17- Alberto Arristarain, abs MR Prieto, poster, [Charopri@Planet.losandes.com.ar](mailto:Charopri@Planet.losandes.com.ar)
- 18- Carlos Herbas, poster, gentileza Carlos Fernández J., [uhcfj@unesco.org.uy](mailto:uhcfj@unesco.org.uy)
- 19- Nancy Ebner Gershberg, poster, (56 57) 44 10 09
- 20- Hugo Alonso, UCN
- 21- Pierre Pourrut, UCN-ORSTOM, [ppourrut@socompa.cecun.ucn.cl](mailto:ppourrut@socompa.cecun.ucn.cl)
- 22- Alex Covarrubias, UCN, y 22b- Pierre Chevallier, [Pierre.Chevallier@mpl.orstom.fr](mailto:Pierre.Chevallier@mpl.orstom.fr)
- 23- Isabelle Chaffaut, [Isabelle.Chaffaut@mpl.orstom.fr](mailto:Isabelle.Chaffaut@mpl.orstom.fr)
- 24- François Risacher, fax (56 2) 236 34 63
- 25- Leonardo Mardones, fax (56 55) 32 54 83

- 26- Lucy Vargas, UCN
- 27- Jorge Araya, jaraya@socompa.cecun.ucn.cl
- 28- Henry Inostroza, fono 23 10 34
- 29- Guillermo Chong, UCN
- 30- Humberto Peña, fax (02) 67 22 124
- 31- Stephen Foot, fax (56 55) 24 75 48
- 32- Jorge Díaz, fax (56 55) 20 51 98
- 33- Wilfredo Jiménez, poster, UCN
- 34- Alberto Cáceres, fax 22 45 47
- 35- Stephen Foot, fax (56 55) 24 75 48
- 36- Victor Valdés, fax (56 55) 26 88 06
- 37- Agricultores: Ernesto Cruz, Felix Lobera CONADI, Calama y Porfirio Vega, Quillagua
- 38- Carlos Fernández Jáuregui, uhcfj@unesco.org.uy
- 39- François Esteulle, fax (56 2) 23 15 468
- 40- Verónica Pozo, fax (02) 67 22 124
- 41- Edgar Montenegro, poster, lhpromic@llajta.nrc.bolnet.bo
- 42- Marc Alary, UCN-ORSTOM, malary@socompa.cecun.ucn.cl

### **CO-AUTORES ASOCIADOS A COMUNICACIONES Y PANELES**

Sandra Rome-Gaspaldy  
Alain Gioda  
Roberto Herrera  
Susana Arrázola  
Andrés Acosta Baladón  
Bernard Francou  
Hubert Sémiond  
Gustavo Gómez  
Bladimir Ibarra  
Frédéric Rossel  
B. García,  
R. Gallaire,  
C. Jusserand  
Jorge Quintanilla  
D. Cahuaya  
María del Rosario Prieto  
Aníbal Vaca  
Pierre Chevallier  
Carlos Salazar  
Hugo Alonso  
Jean-Claude Pion  
Yves Arnaud  
Javier Tamblay P.  
Roberto Galleguillos V.  
Tatiana Cuevas  
Pierre Pourrut  
Jerôme Patoux  
Heinz Schneider

## INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

### NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE LOS ARTÍCULOS DEFINITIVOS

#### PRESENTACIÓN VERBAL

El idioma de exposición pública de las ponencias (o de redacción de los pósteres) deberá ser el español, salvo caso muy especial. No está previsto ningún tipo de traducción simultánea.

El tiempo de presentación será de 20 minutos en total (5 minutos para los pósteres), incluyéndose las discusiones hasta este límite una vez terminada la exposición.

Los ponentes contarán con toda el equipamiento que requieran para ilustrar su presentación : micrófonos inalámbricos, retroproyector, proyector de diapositivas, datashow, paneles de pósteres de 150 x 100 cm, aprox. ....

#### PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS PARA EDICIÓN DE LAS ACTAS

Los artículos serán publicados en un número especial del prestigioso Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos IFEA, que co-auspicia la edición con ORSTOM.

Los trabajos definitivos (un diskette y dos copias en papel) deberán ser entregados a los organizadores durante el desarrollo del coloquio, a más tardar el 13 de junio, respetando las siguientes recomendaciones:

1 - El texto de las COMUNICACIONES, con un máximo de 10 páginas (4 páginas en el caso de PANELES) incluidos los gráficos y demás ilustraciones, será remitido en un diskette informático PC.

Para tener mayor homogeneización, se pide utilizar:

- los softwares Word 6.0 y Excel 5.0 (o anteriores)
- un tamaño de hoja A4
- las letras del texto en Times New Roman (o Times), tamaño 11
- márgenes : izquierdo 3,0 cm, otros 2,5 cm
- las normas siguientes para
  - el título : centrado, en mayúsculas y tamaño 18
  - el nombre del autor o de los autores (uno por línea): descentrado a la derecha, en cursiva tamaño 11, con asteriscos para mención en pie de página de la pertenencia institucional y dirección
  - los capítulos con numeración en cifras árabes (1, 2, 3 ...), en mayúsculas, negrita, tamaño 11 y sangría de 1,5 cm
  - los sub-capítulos con numeración en cifras árabes (1.1, 1.2, 1.3, ...), en minúsculas, negrita subrayada, tamaño 11 y sangría de 3 cm
  - los párrafos con numeración (1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, ...) en minúsculas, negrita, tamaño 11 y sangría de 3 cm

De no ser posible, el diskette deberá venir con la designación exacta y completa de los formatos y del o de los softwares utilizados.

2 - Las 2 copias en papel, impresas a doble espacio y con un margen izquierdo de 4 cm, servirán para ser remitidas a los miembros del comité científico y miembros de un comité de lectura, para eventuales modificaciones que serán ulteriormente comunicadas a los autores antes de proceder a las correcciones para la edición final. Se recomienda también a los autores sugerir los nombres y direcciones de 2 posibles revisores para su artículo.

3 - Los artículos deberán ser redactados preferentemente en español, excepcionalmente en inglés o francés previo acuerdo de los organizadores, e incluirán obligatoriamente un resumen en estos tres idiomas (máximo seis líneas cada uno). El primer resumen deberá estar escrito en la misma lengua que el texto del artículo. Los otros dos resúmenes deberán estar precedidos del título traducido al idioma correspondiente y vendrán acompañados de un máximo de ocho descriptores (palabras claves, key words, mots clés).

4 - Las referencias bibliográficas se redactarán de la siguiente manera :

APELLIDO, X. (inicial del nombre), APELLIDO, Y. & APELLIDO, Z., 1995 (Año) - *título del artículo referenciado en cursiva y tamaño 11*, 218 p. (número de páginas) o 93-117 (intervalo de páginas en la revista o libro) - nombre (y eventualmente número) del coloquio, revista, tesis, libro, ... en tamaño 11 normal; lugar de edición.

5 - Las figuras (acompañadas de una fotocopia) deben ser presentadas con un grafismo de buena calidad, tinta china en papel calco (o poliéster), con su número. Los croquis y mapas llevarán una escala gráfica y los textos de la leyenda se redactarán a parte con su referencia en la figura. Las dimensiones totales deberán ser las de un formato múltiple de 190 x 126 mm, sin exceder 285 x 189 mm (1,5 veces la justificación del boletín).

6 - Las fotos se sacarán sobre papel blanco con un fuerte contraste.

7 - Cada uno de los autores debería recibir un Boletín completo correspondiente a las Actas y 50 separatas gratuitas de su artículo (en conversación).



**EL RECURSO AGUA EN LOS ANDES  
SU GESTIÓN EN LA SEGUNDA REGIÓN DE CHILE  
Coloquio Internacional - Antofagasta, 10-13 de junio de 1997**

**PROGRAMA**

Universidad Católica del Norte, Av. Angamos 0610 - salas K 121 C, 121 D y 121 E

**10 DE JUNIO** - 19 : 30, Hotel Plaza, Baquedano 461 - **Coctel de inauguración a autoridades, auspiciadores e invitados especiales - Palabras de acogida de los coordinadores**

**11 DE JUNIO:**

08: 30 - **Inscripciones**

09:10 - **Discurso de apertura** - Juan Músic T., Rector de la UCN

**TEMA 1: Agua y Clima en la región andina - métodos de acercamiento a distintas escalas de tiempo**

**Subtema 1 - El clima - Moderación : Patricio Aceituno (Universidad de Chile) y Pierre Chevallier (ORSTOM)**

09:30 - Dinámica del clima en el altiplano sudamericano: variabilidad del régimen pluviométrico - Patricio Aceituno

09:50 - Variabilité climatique à long et moyen terme dans les Andes péruano-boliviennes - Josyane Ronchail y Sandra Rome-Gaspaldy

10:10 - Variabilidad climática y recursos hídricos en Bolivia entre los siglos XVI y XIX. La relevancia de la evidencia histórica para estudiar las lluvias y las sequías del pasado - Alain Gioda y María del Rosario Prieto

10:30 - POSTER: Variaciones climáticas del cuaternario tardío en la Costa de la 2da Región - comparación con los datos del Norte Chico - Gabriel Vargas

10:35 - Variaciones climáticas recientes y disponibilidad hídrica en los Andes centrales argentino-chilenos (1885-1996). El uso de datos periodísticos para reconstitución del clima - María del Rosario Prieto y Roberto Herrera

10:55 - **Coffe break**

**Subtema 2 - Los grandes programas regionales, parte 1 - Moderación : Bernard Pouyaud (ORSTOM) y Anne Coudrain-Ribstein (CNRS)**

11:10 - Actualidades sobre las precipitaciones ocultas en los países andinos (1994-1997) - Alain Gioda, Roberto Espejo, Susana Arrázola, Andrés Acosta Baladón

11:30 - Presentación del programa "Climate Change in the Arid Zones" (Swiss NSF 1988-96 y PAGES/PEP-1)

-1- Past and climatic conditions in the Atacama Altiplano (Chile) and implications for modern water resources - Martin Grosjean

-2- Evolución de los recursos de la II Región a través de la historia ambiental de los últimos 18.000 años - Martin Grosjean

-3- The role of oxygen and hydrogen isotopes in past and present precipitation for studying groundwater recharge in the Atacama altiplano - Ulrich Schotterer, Lonnie Thompson, Mathias Vuille

-4- Cambios ambientales pleistoceno-holocénicos y adaptación humana en la puna de Atacama - Lautaro Núñez.

12:50 - Discusión

13:00 - Almuerzo

## **Subtema 2 - Los grandes programas regionales, parte 2 - Moderación : Martin Grosjean (Universidad de Berna) y Jorge Araya (UCN)**

15:00 - Charla de introducción: Las investigaciones de ORSTOM en Chile en el marco de sus actividades en los Andes Centrales - Gérard Héral

15:20 - Presentación general del programa NGT « Nieves y Glaciares Tropicales » en los Andes, metodología y perspectivas - Bernard Pouyaud

15:40 - Investigación de los recursos glaciares tropicales del Ecuador y su relación con el cambio climático global - Remigio Galárraga, Bernard Francou, Hubert Sémiond, Gustavo Gómez y Bladimir Ibarra

16:00 - Resultados de los programas NGT Bolivia - Bernard Pouyaud y Bernard Francou

16:20 - Resultados de los programas NGT Perú - César Portocarrero

16:40 - Coffe break

17:00 - Impacto del fenómeno ENSO sobre los recursos hídricos del Ecuador - Eric Cadier, Frédéric Rossel y Gustavo Gómez

17:20 - Paleohidrología de los últimos 15.000 años del altiplano sur (Salares de Uyuni y Coipasa, Bolivia) - Jaime Argollo

17:40 - ¿Existe memoria de los últimos 10.000 años en la capa freática del Altiplano Central? - Anne Coudrain-Ribstein, B. García, Bernard Pouyaud, R. Gallaire, C. Jusserand Jorge Quintanilla y D. Cahuaya

18:00 - POSTER: Trabajos del LEGAN, CRICYT, Mendoza - María del Rosario Prieto y Alberto Arristarain

18:05 - POSTER de Carlos HERBAS (IHH de La Paz)

18:10 - POSTER: Trabajos en curso, región de Iquique - Nancy Ebner

18:15 - Discusión

ALTERNATIVA, según tiempo disponible - Evaluación de los recursos hídricos superficiales en los Andes ecuatorianos para el período 1964-1982 - Remigio Galárraga y Aníbal Vaca

## **12 DE JUNIO**

9:10 - Charla de introducción: El agua, elemento clave para el desarrollo sostenido de la IIª Región - Orlayer Alcayaga, SEREMI de Minería

## **TEMA 2: Conocimiento del recurso hídrico en la 2ª Región - Avance de las investigaciones y requerimientos de los usuarios**

### **Subtema 3 - Panorama de las investigaciones en la 2ª Región - Moderación: Carlos Díaz D. (CIRA México) y Gustavo Gómez (INAMHI Ecuador)**

9:30 - ORSTOM en la Universidad Católica del Norte - Hugo Alonso

- 9:50 - Algunos logros de la cooperación científica UCN/ORSTOM - Pierre Pourrut
- 10:10 - Modelización de los escurrimientos en una cuenca andina de altura - Alex Covarrubias y Pierre Chevallier
- 10:30 - Precipitaciones de altura, aguas subterráneas y cambios climáticos en el altiplano del norte de Chile - Isabelle Chaffaut
- 10:50 - Coffe break
- 11:00 - La evolución de las aguas en cuencas cerradas - Aplicación a los salares de Ascotán y Carcote - François Risacher, Carlos Salazar y Hugo Alonso
- 11:20 - Evolución hidrogeológica en cuencas andinas y preandinas - Leonardo Mardones
- 11:40 - Seguimiento hidroquímico de una cuenca altiplánica - Método de evaluación de impacto - Lucy Vargas
- 12:00 - Utilización de un banco de datos satelitales SPOT para el estudio de los recursos hídricos - Ejemplo en la cuenca alta del río Loa - J Araya, Yves Arnaud y Jean-Claude Pion
- 12:20 - El rol de la DGA en la investigación y medición del recurso hídrico - Henry Inostroza y Carlos Salazar
- 12:40 - Discusión
- 13:00 - Almuerzo
- 15:00 - **Charla de introducción** - Guillermo Chong (estrategias de gestión del agua)

**Subtema 4 - La coincidencia entre usuario y recurso agua - Adaptación de las técnicas a los requerimientos - Aspectos de conservación - Moderación : Carlos Fernández J. (UNESCO) y Alex Covarrubias (UCN)**

- 15:20 - La gestión del recurso hídrico en zonas áridas. Aspectos institucionales y legales - Humberto Peña
- 15:40 - Definición of the Monturaqui-Negrillar-Tilopozo aquifer system - Stephen Foot
- 16:00 - Modelo hidrogeológico de los acuíferos de Negrillar-tilopozo - Jorge Díaz
- 16:20 - POSTER: Alternativa solar para tratamiento de tóxicos en el agua para consumo humano - Wilfredo Jimenez, Javier Tamblay y Roberto Galleguillos
- 16:25 - Coffe break
- 16:40 - ESSAN S.A. y la planificación de los recursos hídricos - Alberto Cáceres
- 17:00 - Gestión y conservación de recursos hídricos en Min. Escondida Ltda - Stephen Foot
- 17.20 - Planificación agrícola y administración del agua en el medio rural de la IIª Región - Victor Valdés
- 17:40 - La palabra a los agricultores : intervenciones y mociones - Cámaras de Agricultura y Juntas de Agua de Calama, Quillagua, San Pedro de Atacama, Corporación Nacional de Desarrollo Indígena CONADI, etc. - Porfirio Vega, Felix Lobera, confirmados
- 18:00 - Discusión
- 20:00 - **Cena del coloquio**

## **13 DE JUNIO**

### **TEMA 3: Establecimiento de políticas para el estudio y la gestión racional de las aguas**

9:10 - **Charla de introducción:** Los escenarios futuros de la gestión de los recursos hídricos en América Latina: estrategia y política del PHI de UNESCO - Carlos Fernández Jáuregui

#### **Subtema 5 - Estrategias y técnicas aplicadas a la gestión de las aguas - Moderación : Carlos Salazar (DGA) y Pierre Chevallier (ORSTOM)**

9:30 - Una corporación de cuencas, estrategia nacional con miras a optimizar la administración de las aguas - François Esteulle

9:50 - Sistemas de información de recursos hídricos de la DGA: papel y perspectivas - Verónica Pozo y Tatiana Cuevas

10:10 - POSTER: Caudales de diseño usando un SIG y el modelo del SCS, región de Cochabamba

10:15 - Perspectivas del estudio y gestión del recurso hídrico en la UCN - Jorge Araya

10:35 - Coffe break

11:00 - SAGARA : Sistema de Ayuda a la Gestión de las Aguas en la región de Antofagasta - Marc Alary, Pierre Pourrut y Jérôme Patoux

11:30 - 13:00 - Utilización práctica de SAGARA a pedido del público asistente - Marc Alary y Heinz Schneider

- Inscripción a los 3 talleres de la tarde

13:00 - Almuerzo

#### **Subtema 6 - Talleres para el futuro : programas de investigación y cooperación científica - Coordinación y Síntesis : Guillermo Chong (UCN) y Bernard Pouyaud (ORSTOM)**

15:00 Taller No 1 - Estudio de los paleoambientes

16:00 **Animación/Redacción** : Martin Grosjean, Reinaldo Borgel y Jorge Araya

Taller No 2 - Factores climáticos y parámetros constitutivos de los escurrimientos - Escenarios a distintos plazos

**Animación/Redacción** : Pierre Chevallier, Alex Covarrubias y Ulrich Schotterer

Taller No 3 - Circulación subterránea y calidad de las aguas

**Animación/Redacción** : Anne Coudrain-Ribstein, Carlos Díaz D. y Hugo Alonso

16:15 - Coffe break

16:30 - **Conclusiones de las jornadas (síntesis de los 3 talleres)** y votos para el futuro : *Los estudios en los Andes : ¿quién y cómo?* - Guillermo Chong y Bernard Pouyaud

17:00 - **Discurso de Clausura** - Rector o Vice-Rector u otra Autoridad académica

## **DINAMICA DEL CLIMA EN EL ALTIPLANO SUDAMERICANO: VARIABILIDAD DEL REGIMEN PLUVIOMETRICO**

**Patricio Aceituno**

Departamento de Geofísica, Universidad de Chile

Casilla 2777, Santiago, Chile

Email [aceituno@dgf.uchile.cl](mailto:aceituno@dgf.uchile.cl)

### **RESUMEN**

Se realiza una revisión de los factores más relevantes del clima en el Altiplano Sudamericano, incluyendo sus fluctuaciones en distintas escalas de tiempo ( variaciones seculares, interanuales e interestacionales ). Se analiza con especial énfasis los factores que determinan el régimen pluviométrico así como sus fluctuaciones. A partir de los resultados de observaciones meteorológicas intensivas realizadas en un punto del Altiplano Chileno ( Visviri, 17.5° S, 69.5° W , 4070 m sobre el nivel del mar ) se analizan las condiciones que explican el carácter fuertemente estacional de la precipitación en esta región y las características del ciclo diario durante períodos secos y húmedos durante la estación de lluvias.

La amplitud del ciclo diario de la altura geopotencial de 200 hPa durante los períodos de medición en Enero de 1994 ( campaña Visviri ) y Enero de 1995 ( campaña Visviri II ) fue aproximadamente 40 m. Esto es comparable a la variabilidad interdiaria asociada a perturbaciones de tipo sinóptico. Así, para explicar el inicio de períodos de precipitación en el Altiplano durante el verano, parece importante considerar el posible acoplamiento entre las perturbaciones atmosféricas de escala regional que favorecen el desarrollo de la nubosidad convectiva, con el ciclo diario de expansión y compresión de la tropósfera por calentamiento diurno y enfriamiento nocturno.



## VARIABILITE PLUVIOMETRIQUE A LONG ET MOYEN TERME DANS LES ANDES PERUANO-BOLIVIENNES

Josyane **Ronchail** et Sandra Rome-Gaspaldy  
GHSS - Université de Paris 7  
2, Place Jussieu, 75005 Paris

### RESUMEN

Le principal mode de variabilité des précipitations dans le nord des Andes de Bolivie est pluridécadal; les pluies, de déficitaires dans les années 1950-1960 sont devenues excédentaires pendant les années 1970 et 1980.

Ce mode de variabilité à long terme évolue dans le même sens que celui, pluridécadal également, qui oppose les températures de surface océaniques du sud et du nord de l'Atlantique extratropical (Ronchail, 1997).

A ce mode se superpose une variabilité à plus haute fréquence dont on suppose qu'elle est liée aux phases de l'Oscillation Australe (OA) du Pacifique.

C'est pourquoi, à partir des données (1960-1990) de 5 stations du centre et du sud du Pérou et de 6 stations du nord de la Bolivie, toutes situées à plus de 2.000 mètres d'altitude, on tente d'apprécier la sensibilité des précipitations aux deux phases de l'OA du Pacifique : la phase El Niño (ENSO) ou phase chaude de l'OA, caractérisée notamment par une inversion des conditions de pression sur le Pacifique équatorial et des températures de surface océaniques anormalement élevées à l'Est du Pacifique, et la phase La Niña (LNSO) ou phase froide de l'OA, caractérisée par un renforcement des conditions de pression habituelles à l'Est du Pacifique.

Les précipitations mensuelles de 5 événements ENSO et 4 événements LNSO sont composées afin de reconstituer des événements moyens.

Le déficit pluviométrique associé aux événements ENSO dans les Andes tropicales au sud de l'Equateur est en moyenne vérifié. Il est manifeste en deuxième partie de la saison des pluies, c'est-à-dire de janvier à avril. Ce déficit dépasse dans certains cas 50% des pluies normales.

Mais cette phase est précédée par un début de saison des pluies (de septembre à décembre) souvent légèrement excédentaire.

Aux événements LNSO correspondent le plus souvent des saisons des pluies déficitaires, avec une concentration des précipitations en janvier et février.

Les résultats concernant les événements ENSO sont en partie connus (Francou et Pizarro, 1985; Aceituno, 1988; Tapley et Waylen, 1990; Ronchail, 1996); par contre, les précipitations associées aux événements LNSO, moins étudiées, donnent des résultats inattendus dans la mesure où les conditions océaniques et atmosphériques inverses à celles d'ENSO pouvaient laisser espérer des résultats pluviométriques également inverses.

Ceci signifie, comme il a déjà été dit, que les relations ne sont pas simples et directes entre les phases océano-atmosphériques du Pacifique et la pluviométrie dans les Andes tropicales, ne serait-ce que parce que celle-ci est d'abord liée aux advections des apports d'eau en provenance de l'Atlantique.

D'autres résultats qui seront présentés vont dans ce sens :

- d'une part la variabilité des réponses pluviométriques aux différents événements qui se sont succédés depuis 30 ans (tandis qu'il existe une relative cohérence spatiale sur le domaine retenu);

- d'autre part, la variabilité des conditions de circulation en Amérique du Sud continentale, associée à une phase de l'OA. Les mois de janvier et février 1987, dont la circulation est décrite à partir des données du Centre Européen pour les Prévisions Météorologiques à Moyen Terme (CEPMMT), seront donnés en exemple.

REFERENCES:

- ACEITUNO, P., 1988. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I : surface climate. *Mon. Wea. Rev.*, **116**, 505-524.
- FRANCOU, B. et PIZARRO L., 1985. El Niño y la sequía en los Andes centrales : Perú y Bolivia. *Bull. de l'Inst. Fr. d'Et. And.*, **16**, 1-18.
- RONCHAIL, J., 1996. Variabilidad interannual de las precipitaciones en Bolivia. *Bull. de l'Inst. Fr. d'Et. And.*, **24**, 369-378.
- RONCHAIL, J., 1997. Variabilité pluridécennale des précipitations en Bolivie. Essai de mise en relation avec les températures de surface océaniques de l'Atlantique extratropical ( à paraître dans les publications de l'Association Internationale de Climatologie)
- TAPLEY, T.D., et WAYLEN P.R., 1990. Spatial variability of annual precipitation and ENSO events in western Peru. *Jour. des Scien. Hydrol.*, **35**, 429-446

# VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y RECURSOS HÍDRICOS EN BOLIVIA ENTRE LOS SIGLOS XVI Y XIX. LA RELEVANCIA DE LA EVIDENCIA HISTÓRICA PARA ESTUDIAR LAS LLUVIAS Y LAS SEQUÍAS DEL PASADO

Alain Gioda

ORSTOM y SENHAMI - Cochabamba-Bolivia

María del Rosario Prieto

Unidad de Historia Ambiental, IANIGLA, CRICYT.

Mendoza-Argentina

## RESUMEN

El clima ha sido uno de los componentes del ambiente natural que más influencia ha ejercido en la sociedad y en la economía. Las anomalías y extremos climáticos, así como las catástrofes y riesgos ligados al clima, acompañan permanentemente la existencia y el desarrollo de las sociedades, a menudo reforzando y agudizando tendencias a la inestabilidad económica y social.

En el caso específico de Bolivia sabemos que en gran parte de su territorio se practica preferentemente la agricultura de secano. En el presente, pero mucho más en el pasado la población campesina ha estado supeditada fundamentalmente a las precipitaciones para lograr la supervivencia. Así, la región presenta una alta vulnerabilidad marcada por una fuerte dependencia de los recursos hídricos.

La perspectiva de un cambio climático global caracterizado por un aumento paulatino de la temperatura de superficie y una redistribución de los patrones de precipitación, ha intensificado los estudios paleoclimáticos para estudiar la variabilidad natural del clima y contraponerla con las variaciones del presente, las cuales podrían tener un origen antrópico. Para lograr una mayor comprensión de estos mecanismos, es necesario intensificar los estudios sobre variaciones climáticas en áreas altamente vulnerables como la región altiplánica.

Para la reconstrucción de la variabilidad climática anual, existen diferentes tipos de registros, provenientes de los anillos de árboles, de arrecifes de coral o de los casquetes glaciares.

En esta ponencia se analiza otro clase de registro que en América cubre los últimos cinco siglos: **los documentos históricos**. A pesar de su relevancia, las fuentes escritas como origen de datos climáticos han sido insuficientemente explotadas en América del Sur, no sólo para estudiar las fluctuaciones del clima en general, sino también para estudios que apuntan a precisar los cambios climáticos asociados a la llamada Pequeña Edad del Hielo o para reconstruir secuencias cronológicas de eventos interanuales como El Niño.

La disciplina que se ocupa de los datos históricos sobre el clima es la **climatología histórica**. Su objetivo consiste en la búsqueda, recopilación, procesamiento e interpretación de la información sobre el clima y el tiempo anterior a su registro con instrumentos, con el fin de lograr una reconstitución climática rigurosa y objetiva de las últimas centurias. Se pretende con ello realizar series anuales o estacionales de precipitaciones, temperaturas, vientos y cualquier otra manifestación climática, cuya ocurrencia haya quedado registrada intencionalmente o en forma casual en las fuentes históricas. Estas series, generalmente cualitativas, deben ser objetivas y confiables dentro de lo posible y abarcar una extensión temporal suficiente como para que permita detectar las fluctuaciones y variabilidad climáticas del pasado reciente.

## *Límites geográficos*

Nuestro ensayo se centrará en lo que hoy es territorio boliviano. Sin embargo, no vacila en recoger las crónicas y descripciones provenientes de Chile, Argentina y Perú. De esta manera, se restituye la unidad cultural e histórica profunda de una región, la Real Audiencia de La Plata (1561-1776), con su motor económico, Potosí, que comenzó su disgregación recién en el siglo XIX. Recordemos que el espacio andino durante los siglos XVII, XVIII y gran parte del XIX se articulaba desde el punto de vista económico respecto a un polo, la minería potosina, con grandes centros de demanda de bienes agrarios y manufacturados. Se desarrolló en consecuencia una producción agrícola capaz de hacer frente tanto a la demanda minera como a la de los centros urbanos. Para satisfacer esta demanda, las distintas regiones y subregiones de este gran espacio se especializaron en la producción de los distintos productos que se consumían en Potosí y otros centros menores.

## *Límites históricos*

Hemos contemplado el período que se extiende entre los siglos XVI y XIX. Se inicia con las primeras crónicas de los historiadores españoles y finaliza cuando comienzan las observaciones meteorológicas modernas en Bolivia y el nacimiento de las sociedades de historia y de geografía en el país, dos fenómenos naturalmente vinculados.

## *Criterios que deben guiar la búsqueda de información histórica sobre el clima*

Las características de la explotación agropecuaria en los diversos pisos altitudinales del área andina boliviana es la base que guía la búsqueda de la documentación. Se le da especial énfasis al registro de los extremos climáticos, sequías y grandes precipitaciones, dado que su frecuencia en el tiempo y el impacto sobre una población altamente vulnerable, los transforma en buenos indicadores de variabilidad climática. En el caso de Potosí el indicador más importante es la actividad minera. La trascendencia que revestía el agua para esta actividad era primordial pues desde 1572 con la introducción de la técnica de la amalgama la energía hidráulica fue esencial para la trituration de la plata. Recordemos también que hay una tendencia a registrar solamente los extremos climáticos o catástrofes, sequías, grandes lluvias, inundaciones, granizadas, grandes nevadas, sin aludir o haciéndolo tangencialmente a los años normales.

## *Disponibilidad, accesibilidad y veracidad de las fuentes históricas sobre el clima*

La Corona española siempre demostró un interés especial en recabar información acerca del clima y el ambiente de las distintas regiones americanas llevada por una motivación más económica que científica: la necesidad de conocer los recursos naturales para su propio beneficio.

Se han considerado tres grandes grupos de textos históricos emisores de datos climáticos disponibles para Latinoamérica:

a. Las referencias específicas a acontecimientos climáticos como los Informes del Consulado. En la segunda mitad del siglo XVIII, el interés de la Corona sobre los recursos americanos se acentúa, solicitándose expresamente a las colonias datos directos sobre el clima y agricultura bajo la forma de reportes semestrales. Se trata de una fuente riquísima que permite estudiar los eventos climáticos en toda su magnitud: las "Relaciones sextrimestrales de aguas, cosechas y demás particulares" enviadas a España a partir de 1784, desde los lugares más alejados de un imperio centralizado

b. Anales, crónicas, descripciones, relatos de viajeros, comerciantes y naturalistas. Para períodos coloniales tempranos, se cuenta con las Relaciones Geográficas de fines del siglo XVI. Las crónicas de los historiadores o cronistas, tanto profesionales como aficionados, de la colonia, son generalmente confiables respecto a los datos e informaciones climáticas, como es el caso de Arzans de Orzúa y Vela para Potosí. Son igualmente creíbles los informes de sacerdotes (sobre todo jesuitas y franciscanos), que hacían sus entradas para evangelizar a los indígenas a partir del siglo XVII. Para fines del siglo XVIII y principios del XIX comienzan a viajar científicos e ilustrados a América.

Proliferan las misiones científicas enviadas por España junto con las inglesas y francesas, que se preocupan de realizar descripciones lo más ajustadas a la realidad. A esta categoría pertenecen entre otros, Tadeo Haenke y Alcides d'Orbigny.

Se comenta especialmente en esta ponencia: *las Crónicas históricas con anotaciones sobre eventos climáticos y la bibliografía histórica que contiene relaciones sobre el clima de las épocas de la Colonia y de la República temprana.*

c. El otro conjunto de documentos es el que indaga en los aspectos de la vida social, económica y política -pública y privada- de la población: libros de cuentas o de gastos de cosechas, recopilaciones de precios agrícolas y ganaderos, correspondencia de funcionarios con el gobierno central y entre particulares, denuncias, informes de gobierno, relatos militares sobre la guerra con los indígenas, solicitudes a la Corona. Son de particular importancia las Actas de reuniones de los Cabildos de cada ciudad. Por lo general se trata de datos dispersos, depositados en archivos, conventos, hemerotecas o en colecciones particulares, lo que implica una trabajosa labor de búsqueda. Si bien en gran parte se trata de documentos aún inéditos, existen publicaciones dedicadas a la impresión de fuentes documentales de un país, de una región o de un tema en especial. Durante el siglo XIX cobran especial significación los periódicos por la calidad y cantidad de la información.

Para Bolivia, sin que la lista sea exhaustiva, existe documentación que contiene registros sobre clima en el Archivo Nacional de Bolivia (Sucre), en el Archivo de la Casa de la Moneda en Potosí, el Archivo General de la Nación Argentina y el Archivo General de Indias en Sevilla, además de las colecciones de diversos monasterios y conventos.



**VARIACIONES CLIMATICAS EN LA COSTA DE LA SEGUNDA REGION -  
COMPARACION CON LOS DATOS DEL NORTE CHICO.**

Gabriel Vargas

POSTER

TEXTO NO COMUNICADO

# VARIACIONES CLIMÁTICAS RECIENTES Y DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LOS ANDES CENTRALES ARGENTINO-CHILENOS (1885-1996). EL USO DE DATOS PERIODÍSTICOS PARA RECONSTRUCCIONES DEL CLIMA

María del Rosario Prieto, Roberto G. Herrera

<sup>1</sup>Unidad de Historia Ambiental, IANIGLA, CRICYT.  
Mendoza-Argentina

## RESUMEN

La necesidad de cuantificar y evaluar las posibilidades presentes y futuras de los recursos hídricos cordilleranos, dentro de la perspectiva de un cambio climático global, implica la existencia de datos básicos que permitan profundizar los estudios que se están realizando al respecto. Esto es particularmente importante en los oasis irrigados de las provincias argentinas de Mendoza y San Juan las cuales presentan una alta vulnerabilidad marcada por una dependencia absoluta del recurso hídrico proveniente de las altas montañas para su supervivencia.

El área central de la vertiente argentina de Los Andes no dispone de largas series meteorológicas, ya que sólo se cuenta con registros que se extienden a 35 años, provenientes de Puente del Inca y Cristo Redentor. Este reducido número de datos ha impedido hasta el momento concretar investigaciones encaminadas a la determinación de ciclos o variaciones en las precipitaciones nivales y en general a lograr un conocimiento más amplio acerca del comportamiento del clima del área.

Nos propusimos extender la serie de frecuencia de nevadas en la porción andina de la cuenca del río Mendoza mediante la información sobre su ocurrencia provista por los periódicos locales entre 1885 y 1996. Se recurrió como eje del trabajo al diario "Los Andes", que se limita, en el caso del tiempo meteorológico, a informar sobre los temas climáticos que revistan interés para sus lectores, reproduciendo los datos provistos por empresas privadas y organismos estatales. Entre 1885 y 1950 el periódico utilizó la información aportada principalmente por el ferrocarril trasandino. A partir de 1950 agrega los datos ofrecidos por el Servicio Meteorológico (instalado en 1942 en Cristo Redentor y en Puente del Inca y levantado en 1977). También brindan datos meteorológicos y sobre el estado de los caminos, Vialidad Nacional, la Policía de la Provincia de Mendoza y Gendarmería Nacional.

Para verificar la validez de la información se aplicó la técnica de análisis de contenido al mensaje meteorológico. Esta técnica se empleó también para obtener una escala cualitativa del fenómeno, distinguiendo las formas connotativas de expresarlo y los calificativos que acompañan cada expresión lingüística. Sobre esa base se determinaron tres categorías: leve, moderado y fuerte.

Para la construcción de la **serie de frecuencia anual de nevadas**, la unidad temporal considerada fue el "día con nieve", definido como el período de 24 horas desde las 0:00 del día de la fecha hasta las 24:00 horas del mismo. Con el objeto de acotar el período nival, se determinó la temporada de nieve anual de acuerdo a la mayor frecuencia con que se presentaron la primera y última nevada en el lapso 1885-1990.

Se aplicó el coeficiente de correlación por rangos de Spearman para datos no paramétricos comparando la serie obtenida con la serie de caudales confeccionada con datos históricos por Prieto et al. (1994) y con los datos provenientes de la estación de Puente del Inca para el período 1961-1976. Se obtuvo para ambas una correlación positiva

En esta serie se observa una gran variabilidad interanual, con intervalos bien marcados: 1885-1908, 1909-1916, 1917-1935, 1936-1964, 1965-1977 y 1978-1990. Los ciclos fluctúan en un rango que va desde 7 a 23 años.

También se construyó la **serie de altura máxima de nieve anual**. Las alturas máximas de nieve se consignan en junio de 1894, junio de 1912 y agosto de 1965 con 10 metros de nieve. Los años con escasas precipitaciones nivales fueron: 1897, 1893, 1908, 1916, 1917, 1920, 1924, 1938, 1945, 1951, 1959, 1964, 1966. En todos ellos el periódico registra una disminución importante del caudal de los ríos en la temporada estival posterior y los consiguientes problemas económicos.

Se relacionaron las variaciones verificadas con forzantes climáticos, sobre todo con el **fenómeno ENSO (El Niño-Oscilación Sur)**. En los últimos años, se ha tendido a relacionar una alta frecuencia e intensidad de nevadas en los Andes Centrales argentino-chilenos con la presencia del sistema climático ENSO (Compagnucci y Vargas, 1993). Como es sabido, este sistema comprende un evento cálido conocido como El Niño y uno frío llamado La Niña, los dos polos del ciclo ENSO.

Se cotejó la serie de ocurrencia de El Niño, compilada por Quinn et al. (1992) con la serie construida con datos periodísticos. Analizando los años de ocurrencia de **ENSO Muy Fuerte**: 1891, 1925-26 y 1982-83, se comprueba que la ocurrencia de El Niño no modificó sustancialmente las características climáticas medias en el primer año señalado. Por el contrario en los años 1925-26 y 1982-83 se verificó un aumento importante tanto en la frecuencia de nevadas como en la cantidad máxima de nieve acumulada.

Encontramos también coincidencias al relacionar los años de **Niño fuerte y muy fuerte** con la cantidad de nieve acumulada. Un 70% de casos se corresponde con una altura de nieve superior a la media (2.10 m).

Comparando la serie de frecuencia de nevadas y la de altura máxima de nieve con los datos aportados por Díaz y Kiladis (1992) sobre La Niña (fase fría del ENSO, se observa que existe una relación significativa entre los años con escasa frecuencia nival, altura de nieve inferior a la media y la ocurrencia del fenómeno La Niña. Se confirma entonces, que los eventos Niño coinciden en general con años de abundantes precipitaciones en el área de estudio y que la presencia de la Niña tiene que ver con períodos o años secos en Los Andes Centrales y consecuentemente menor disponibilidad hídrica en los oasis irrigados de Mendoza.

## **Bibliografía**

- COMPAGNUCCI, R. y W. VARGAS. 1993. Snowfall in the Cordillera de Los Andes and the ENSO Events. Preprint **4th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography**. 28 March-2 April 1993. Hobart, Australia. eds. AM. Met. Soc. 332-333.
- DIAZ, H. and G. KILADIS. 1992. Atmospheric teleconnections associated with the extreme phases of the Southern Oscillation. **El Niño. Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation**. H. Diaz and V. Markgraf (ed.) Cambridge. Un. Press, G. Britain.
- PRIETO, María del R., R. HERRERA y P. DUSSEL. 1995. "Evidencias históricas de fluctuaciones climáticas en la Cordillera de Los Andes a partir del estudio diacrónico del caudal del Río Mendoza (Siglos XVII al XX)". **Actas del Simposio "Climatology and air pollution"**. Ed. F.F. y L., UNC, Mendoza.
- QUINN, H. and V.T. Neal. 1992. The historical record of El Niño events. **Climate since A.D. 1500**, Ed. by Bradley, R. and Jones, P. Rouledge, London.

## **ACTUALIDADES SOBRE LAS PRECIPITACIONES OCULTAS EN LOS PAISES ANDINOS (1994-1997).**

Alain Gioda, Hidrología,  
ORSTOM/SENAMHI, Casilla 2354, Cochabamba, Bolivia.

Roberto Espejo Guasp,  
Departamento de Física, Universidad Católica del Norte, Casilla 1280, Antofagasta, Chile.

Susana arrazola,  
Herbario Martín Cárdenas, U.M.S.S., Casilla 538, Cochabamba, Bolivia.

Andrés Acosta Baladon,  
Paseo Canalejas Nº 57/61-7A, 37001 Salamanca, España.

### **RESUMEN**

#### **1. Programas en Chile**

##### **1.1. El Tofo y Fray Jorge (Norte Chico).**

El conjunto de los programas se originan, en un principio, debido a la necesidad de salvar las formaciones relictas de los bosques de Valdivia, que hoy en día, se hallan generalmente a 1,600 km. más al sur en Chile. La localidad más conocida se llama Fray Jorge, clasificada como Parque Nacional. Las plantas no hubieran podido subsistir hasta nuestros días sino hubiera sido gracias al aporte de agua muy frecuente de las neblinas costeras, de ahí la idea de recuperar también este recurso para las poblaciones de pescadores de la región. Después de una veintena de años, la CONAF (Corporación Nacional Forestal) se propone a perfeccionar un sistema de atrapanieblas que hoy permite abastecer con agua potable el pueblo de Chungungo en la región de El Tofo.

##### **1.2. Paposo y Antofagasta (Norte Grande)**

Más antiguo todavía el programa de recuperación del agua de las neblinas nace a fines de 1950 en la Universidad Católica del Norte de Antofagasta, una ciudad localizada dentro de un medio excesivamente árido. Fue impulsado, en un principio, por el Prof. Espinosa quien se focalizará largo tiempo sobre la puesta al punto atrapanieblas. Después, Tapia y Zuleta trabajarán durante 20 largos años sobre la camanchaca. Hoy, es el pueblo de los pescadores de Paposo (300 habitantes) y sus alrededores, el Parque Nacional, que se benefician de todos los esfuerzos a pesar de la polución de la minería.

#### **2. Programas en Perú**

A partir de 1995, la ayuda de la Comisión Europea en la región de Arequipa, ha impulsado un nuevo arranque en estos trabajos, ahora tradicionales en Perú. La Universidad Nacional de San Agustín ha equipado con fines experimentales la loma desértica de Mejía. Pero el programa debería desarrollarse en esta misma zona hacia la loma con vegetación arbórea de Atiquipa, tradicionalmente poblada y valorada. En todo la zona costera del país, el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología y de Hidrología) mantiene una red de atrapanieblas. Para ventaja de Lima, la sociedad REMI se recupera el agua de neblinas alrededor de las partes más desfavorecidas, las ciudades satélites. Siempre en las lomas del centro del país, diferentes ONG's operan en estos últimos años en particular en la zona de Lachay. En el extremo Sur, la repoblación forestal de

las lomas que rodean el puerto de Ilo fue un tema de trabajo últimamente.

### **3. Otros programas en los países andinos**

#### **3.1. Argentina**

La protección de algunos bosques de tipo boliviano-tucumano han escapado al desmonte que justifica los programas de estudio sobre la neblina hechos en el marco de la Universidad Nacional de Tucumán. Los estudios sobre las precipitaciones ocultas son dirigidos con el captador de Grunow, un aparato de uso clásico los años 1950.

#### **3.2. Bolivia**

La ONG Intercooperation, con el apoyo de la COTESU (Corporación Técnica Suiza), desarrolla un programa de protección de los bosques de neblina (yungas) alrededor de La Paz. La Universidad Mayor San Simón desarrolla estudios sobre comunidades vegetales de este ecosistema que se encuentran en el Departamento de Cochabamba: La Siberia y Sehuencas.

#### **3.3. Colombia**

Los estudios de la Universidad de los Andes de Bogotá tratan la repoblación de montes a partir de *alnus acuminata*, un árbol originario de los bosques naturales y su impacto sobre la biodiversidad.

#### **3.4. Ecuador**

En algunos Parques Nacionales de la parte continental del país, las atrapanieblas y los instrumentos de medida han sido implantados con la cooperación canadiense. Los bosques de neblina relictos de la sierra son estudiados para la ONG Intercooperation y con la ayuda de la UICN. Los proyectos de implantación de atrapanieblas existen en los Galápagos en el cuadro de la Estación Darwin y el agua estaría destinada a la alimentación de la rica fauna del archipiélago.

#### **3.5. Venezuela**

En la Universidad de los Andes de Mérida en el Departamento de Ecología, los estudios se trataban, tradicionalmente, sobre las formaciones vegetales costeras de la península semidesértica de la Serranía de Macuira. Ahora, éstos se desarrollan hacia las especies de los bosques de neblina andino.

### **4. El programa internacional de la UICN y del WCMC**

El Gobierno de Holanda, a través del Programa Bosques Lluviosos Tropicales del Comité Holandés de UICN (Unión Mundial para la Naturaleza), está financiando la primera fase de un proyecto tendiente a elevar el nivel de conocimiento acerca del valor y estado actual de los Bosques Nubosos Mántanos Tropicales (BNMT) más conocidos como bosques de neblina o Yungas en los Andes. Dicho proyecto es llevado a cabo por WCMC (World Conservation Monitoring Centre), en colaboración con UICN, BirdLife International y una amplia red de contactos. Su objetivo principal es brindar un marco para la recolección, recopilación e intercambio de informaciones sobre BNMT.

A pesar de la importancia que tienen en la conservación de la biodiversidad, y sus funciones hidrológicas y socioeconómicas, los BNMT se encuentran entre los ecosistemas más amenazados del mundo. Igualmente preocupante es el hecho que se conoce muy poco acerca la extensión y las condiciones en que se



encuentran las áreas de bosques remanentes.

En base a las recomendaciones hechas por los participantes del "Simposio Internacional sobre BNMT" realizado en Puerto Rico en 1993, WCMC inició un inventario amplio de BNMT y recopilara la información en una base de datos global. Además de mejorar nuestro nivel de conocimiento acerca a estos ecosistemas, el proyecto proporcionará una fuente valiosa de información a gestores forestales, ONGs locales y otros entes responsables del manejo de BNMT , y ayudará a guiar las decisiones políticas relacionadas a su conservación.

# **PAST AND PRESENT CLIMATIC CONDITIONS IN THE ATACAMA ALTIPLANO (CHILE) AND IMPLICATIONS FOR MODERN WATER RESOURCES**

**Martin Grosjean,**

Dept. of Geography, U. of Bern, 12 Hallerstrasse, CH-3012 Bern/Switzerland

Lautaro Núñez A.,

IIAM-UCN, San Pedro de Atacama, Chile

## **ABSTRACT**

The project 'Climate Change in the Arid Andes' (Swiss NSF 1988-96) aimed to reconstruct late Quaternary environmental and climatic conditions along a high-elevation transect in the Western Andes from 18°S (I Region) to 28°S (III Region). Within the IGBP-PAST GLOBAL CHANGES-PEP-1 transect (Pole-Equator-Pole transect through the Americas), this area is a key-site for studying past changes of the atmospheric circulation patterns. The Atacama Altiplano is currently located in the extremely arid buffer zone between the tropical summer- and the extratropical winter precipitation belts and, therefore, most sensitive to moisture changes. A broad variety of archives (lake sediments, peat bogs, glacial forms and deposits, paleosols, groundwater and archaeological sites) has been studied in a multidisciplinary effort and compared with the modern situation. This provided information about the history of environment, resources and climate - particularly humidity changes - in the Atacama Altiplano during late Quaternary times. It is suggested that past climatic conditions account very much for the present water resources in the area.

The humid Minchin phase (35,000 to 23,000 <sup>14</sup>C yr BP) is documented in four Altiplano paleolakes between 21°S and 26°S. Annual precipitation rates increased to more than >>500 mm (today ca 200 mm), and large open freshwater bodies were established. The humid Minchin phase seems to be a phenomenon of South America at large. Glaciers advanced between Southern Chile and the equatorial Andes, the tropical rain forest was fully established, a huge paleolake developed in the Titicaca-Uyuni basin, and large groundwater bodies were formed e.g. in the Chaco of Paraguay (Geyh et al. 1996).

The last global glacial maximum LGM (18,000 yr BP) was extremely arid in the Atacama area. All the investigated lake basins exhibit terrestrial sedimentary facies. Evidence of paleolakes is missing so far.

A significant shift towards humid climates took place during late-glacial and early Holocene times. This humid phase is known as 'Tauca' phase and peaked between 11,000 and 9000 yr BP. Large lakes developed in the Altiplano between Lago Titicaca and the Atacama Altiplano at 26°S. Lake surfaces were 6 to <10 times larger than today, precipitation rates were 2.5 times higher than modern values, and glaciers advanced to maximum extents. Such humid conditions accounted likely for groundwater formation in the Atacama area. This coincides with the initial phase of human occupation, when abundant animal-, vegetation- and water resources were exploited by early archaic hunters.

Fully arid conditions were established during the mid-Holocene period (8000 to 4000 yr BP), when all the investigated paleolakes in the Atacama Altiplano disappeared. Such hostile environmental conditions led to a regional hiatus of human occupation, known as 'Silencio Arqueológico'. However, such fully arid conditions were interrupted by low-frequency (return period of about 200 years), heavy storms with occasional flooding of the low elevation catchments and recharge of aquifers (e.g. Pampa de Tamarugal, Aravena 1995). Modern climatic conditions were established around 3600 to 3000 yr BP.

DGA station data, field measurements and sequential satellite images provide detailed information about the modern moisture regime and moisture transport mechanisms on the Altiplano. The dominant moisture source is precipitation related to Invierno Boliviano (i.e. tropical moisture source, annual precipitation rate in the Altiplano in the order of 200 mm at 23°S, and <50 mm at 25°S, steep gradient NE to SW). Winter snowfall related to Invierno Chileno is usually heavily underestimated, but contributes significantly to the annual precipitation total. Vuille (1996) reports water equivalents in the order of 150 mm at 25°S and <50 mm at 22°S. However, he showed that 2/3 of the winter precipitation is lost to the atmosphere due to sublimation, and infiltration of meltwater is very limited due to frozen soil. This suggests that contributions from winter snowfall are not relevant with regard to modern groundwater recharge.

Aravena, R. 1995. Bull.Inst. Fr. Et. And.24/3, 495-503.

Geyh, M. et al. 1996. Soc. Geol. Bol. Tomo 3, 1267-1276.

Vuille, M. 1996. Geographica Bernensia G45, 99-102.

**EVOLUCION DE LOS RECURSOS DE LA SEGUNDA REGION A TRAVES DE LA  
HISTORIA AMBIENTAL DE LOS ULTIMOS 18.000 AÑOS.**

**Martin Grosjean**

Dept. of Geography, U. of Bern, 12 Hallerstrasse, CH-3012 Bern/Switzerland

**TEXTO NO COMUNICADO**

**THE ROLE OF OXYGEN AND HYDROGEN ISOTOPES IN PAST AND PRESENT  
PRECIPITATION FOR STUDYING GROUNDWATER RECHARGE IN THE  
ATACAMA ALTIPLANO.**

Ulrich Schotterer,  
Climate and Environmental Physics, Physics Institute, University of Bern  
Lonnie Thompson,  
Byrd Polar Research Center, Ohio State University  
Mathias Vuille,  
Dept. of Geosciences, University of Massachusetts

The isotopic composition of precipitation and its variance in space and time principally enables the identification of different moisture sources contributing to groundwater recharge. Groundwater recharged within the driest part of the Chilean altiplano is additionally labelled depending on the extreme environmental conditions it has experienced during infiltration and underground travel time.

Today's precipitation in this area is originating either from the tropical summer or extratropical winter precipitation and may be differentiated by the degree of depletion in oxygen and hydrogen isotopes as well as by their relation expressed in terms of deuterium excess. Additionally, the tritium content of individual precipitation samples allows estimates to what degree oceanic moisture directly contributes to the precipitation taken into account.

Unfortunately isotope data on precipitation are scarce in this region. During a research programme of the University of Bern a number of samples of individual events could be collected. Though too limited for a sound statistical treatment, from a comparison of their isotopic signature with that of surface and groundwaters it can be concluded, that these precipitations do not contribute significantly to groundwater recharge today. To explore the possibilities for reconstructing past input conditions for groundwater recharge, ice cores from the Andes offer high resolution isotope records on paleoprecipitation. Their potential will be discussed on examples from the Huascarán ice core.



# **CAMBIOS AMBIENTALES PLEISTOCENO - HOLOCENICOS Y ADAPTACION HUMANA EN LA PUNA DE ATACAMA.**

**Lautaro Nuñez**

Universidad Católica del Norte, Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Museo R.P. Le Paige  
(IIAM) San Pedro de Atacama.

**Martin Grosjean**

Dept. of Geography, U. of Bern, 12 Hallerstrasse, CH-3012 Bern/Switzerland

## **RESUMEN**

Análisis de sedimentos lacustres, playas fósiles, paleosuelos y secuencias de eventos torrenciales han permitido reconstituir los principales cambios paleoambientales y su correlación con ocupaciones humanas arcáicas - formativas ( 10.500 - 3.000 años AP).

Tres eventos paleoclimáticos serán tratados en términos de relaciones con diversos patrones de ocupación del espacio:

- a) condiciones húmedas favorables durante el pleistoceno-holoceno temprano.
- b) condiciones secas durante el holoceno medio.
- c) recuperación de las condiciones húmedas durante el holoceno tardío (3.000 años A.P.)

# **LAS INVESTIGACIONES DE ORSTOM EN CHILE EN EL MARCO DE SUS ACTIVIDADES EN LOS ANDES CENTRALES**

**Gérard Herail  
ORSTOM**

## **RESUMEN**

La implantación de una representación permanente de ORSTOM en Chile, en enero de 1992, de hecho fue la materialización de una larga colaboración con diferentes organismos de investigación, no todos universitarios. A partir de esta fecha se formalizaron los lazos con la CONYCIT y se consolidaron programas de investigación con diferentes facultades de la Universidad de Chile, la Universidad Católica del Norte, la Universidad de Antofagasta y con organismos no universitarios, como la Dirección General de Aguas o el Instituto de Fomento Pesquero. Al mismo tiempo, se abrieron colaboraciones e intercambios con otros organismos de investigación como la Universidad de La Serena, la Universidad de Concepción, La Universidad Católica de Valparaíso o el Servicio Nacional de Geología y Minería, para desarrollar investigaciones orientadas, fundamentalmente, en el área de los recursos y su gestión sustentable en los Andes Centrales y evolución y evolución de los riesgos nacionales.

Los temas desarrollados en Chile se refieren al estudio del recurso hídrico y su gestión en el Norte de Chile, geoquímica y calidad de las aguas de las cuencas cerradas del Norte de Chile, dinámicas agrarias, sociales y ecológicas en la zona árida chilena, variabilidad climática y ambiental en el Norte de Chile, geodinámica y modelos de exploración y estudio de riesgos sísmicos. Las investigaciones se llevan a cabo, sobre todo en la parte central y norte de Chile. Estos mismos temas son desarrollados por ORSTOM y sus contrapartes en países vecinos, dado que estos problemas son también de importancia para ellos, pero especialmente, tienen un interés regional y metodológico. El programa sobre Nieves y Glaciares Tropicales se desarrolla en los Andes de Bolivia, Perú, Ecuador y Chile, el programa sobre fenómenos premonitorios de un sismo destructor está focalizado, en Chile, en la zona Antofagasta-Arica, pero con extensiones hacia el Sur del Perú. Existe un programa sobre riesgo volcánico en Ecuador, con instalación de aparatos para evaluar la actividad de los volcanes en este país y que se está implementando en Perú. Los programas de geología, abocados a geodinámica y prospección minera, abarcan por una parte el Norte de Chile, Sur del Perú y Bolivia y, por otra parte, Ecuador y Norte del Perú. El programa Territorio y Redes del Espacio Andino, basado en Quito, tiene como meta estudiar dinámicas territoriales en el espacio andino en el contexto actual de aperturas de las fronteras.

Son sólo unos cuantos ejemplos que muestran la articulación de programas desarrollados en Chile con proyectos de investigación llevados a cabo en países vecinos.

# "NIEVES Y GLACIARES TROPICALES" EN LOS ANDES, METODOLOGIA Y PERSPECTIVAS.

Dr. Bernard Pouyaud  
ORSTOM La Paz

## RESUMEN

Desde comienzos de los años 90, el ORSTOM ha dirigido con sus contrapartes andinas en Bolivia, luego en Perú y en Ecuador, estudios hidroclimatológicos que tratan principalmente sobre un monitoreo de varios glaciares situados en la Cordillera Real de Bolivia, en la Cordillera Blanca del Perú y en los volcanes Antisana y Cotopaxi del Ecuador. Simultáneamente, al norte de Chile, se estudiaba la tipología de las fuentes y las precipitaciones sólidas y líquidas de altura. Al principio, estos estudios fueron lanzados como preocupaciones esencialmente científicas, ya que estos glaciares son extraordinarios "marcadores" de la variabilidad climática (y particularmente del "recalentamiento global" en curso), que permiten caracterizar y comprender mejor, y tal vez predecir, en la zona particularmente sensible, próxima al Ecuador, de contacto entre las circulaciones atmosféricas hemisféricas norte y sur.

Rápidamente, estos estudios interesaron a contrapartes económicas, productores de hidroelectricidad, prestatarios de aguas potables, industriales y agrícolas, que ahora garantizan lo esencial de las tareas de equipamiento y mantenimiento. En efecto, hay que saber que en los Andes intertropicales los principales recursos hídricos, y por lo tanto también de energía eléctrica, proceden de los glaciares a gran altura, los cuales juegan el rol de enormes reservorios naturales garantizando la regulación y la perennidad del recurso hídrico, que de otra manera sería directamente dependiente de la variabilidad pluviométrica anual e interanual. Pero estos glaciares, en la mayoría de los casos benéficos, pueden originar catástrofes glaciares considerables, sobre todo en Perú y en Ecuador, contra las cuales estos programas pueden ayudar a precaverse.

Los hidrólogos, glaciólogos y climatólogos del ORSTOM, así como sus contrapartes, renovaron sus capacidades durante estos últimos años y pudieron equipar cuencas de drenaje parcialmente o totalmente glaciales, con las más altas estaciones hidrológicas y climatológicas automáticas mundiales: estación hidrométrica del Zongo en Bolivia a 4800 m, estaciones climatológicas del Zongo a 5200 y 5600 m, y del Sajama a 6500 m. en Bolivia, y sus equivalentes en Perú, Ecuador y norte de Chile. Estos dispositivos de adquisición de datos hidroclimatológicos en tiempo real completan trabajos de campo, donde se miden los parámetros de funcionamiento de los glaciares, gracias a redes de balizas de acumulación y de ablación, y balizas de desplazamiento. Todos estos equipos permiten evaluar diversos balances de funcionamiento del glaciar: glaciológico, hidrológico y energético. El análisis de estos balances y su modelización permiten, según los diversos escenarios de recalentamiento planetario, simulaciones del futuro de estos glaciares, y recursos hídricos o riesgos asociados, luego la generalización de estos estudios a otras situaciones regionales vecinas.

Con contrapartes norteamericanas y europeas, este equipo se especializó también en la realización de testigos de hielo de gran altura, extracción de testigos que puede proporcionar informaciones esenciales sobre la historia del clima de los últimos 10 a 20 milenios. Acoplando estos resultados a otros métodos paleoclimáticos, es posible reconstruir así la historia climática regional (particularmente temperaturas y

precipitaciones) y por lo tanto prever, en cierta medida, el futuro climático regional en función del devenir climático planetario.

Hoy en día, están completamente equipados para los balances glaciológico, hidrológico y energético: en Bolivia, el glaciar de Zongo, en Ecuador, el glaciar Antisana, y un glaciar en Perú, el glaciar Artesonraju, mientras que varios otros glaciares son objeto de un seguimiento parcial. Este programa debe continuarse en el marco del nuevo Gran Programa 21, que está en proceso de ser establecido por el ORSTOM, "Variabilidad climática tropical e impactos regionales".

## **INVESTIGACION DE LOS RECURSOS GLACIARES TROPICALES DEL ECUADOR Y SU RELACION CON EL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL.**

Dr. Ing. Remigio Galarraga  
INAMHI-EPN-ECUADOR

Dr. Ing. Bernard FRANCON  
ORSTOM - BOLIVIA

Dr. Ing. Hubert SEMIOND  
IFEA - ECUADOR

Dr. Ing. Gustavo GOMEZ  
INAMHI - ECUADOR

Dr. Ing. Bladimir IBARRA  
EPN - ECUADOR

### **RESUMEN**

La investigación tiene como objetivo determinar la relación que mantienen los glaciares tropicales andinos del Ecuador con el clima y sus variaciones climáticas que están siendo observadas en el mundo entero. Eso permitirá determinar los efectos de esas variaciones sobre los recursos hídricos de origen glaciar del Ecuador.

Este monitoreo empezó hace dos años sobre el nevado Antisana, con la colaboración de la Empresa Municipal de Alcantarillado y Agua Potable de Quito - EMAAP-Q, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador -INAMHI- y el Institut Francais de Recherche Scientifique pour Le Développement en Coopération - ORSTOM-, debido al proyecto de construcción de un embalse de agua potable al pie del nevado. Es así como, desde hace dos años, se toman mensualmente datos de pluviometría y ablación. Desde hace un año un limnógrafo mide el caudal del río emisario del glaciar estudiado y desde hace seis meses una estación tipo Campbell mide radiación solar, albedo, temperaturas y humedad.

Para ampliar estos resultados la EPN ha planteado un programa de estudio y monitoreo de otros nevados: el Cayambe de orientación norte oriental, el Cotopaxi en el centro de la Cordillera y el Chimborazo de orientación sur occidental. Este estudio piloto contaría con la colaboración internacional de la Universidad de Colorado en Boulder, la Universidad Estatal de Ohio y el ORSTOM y con la colaboración nacional del INAMHI, el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos -CLIRSEN- y el Instituto Geográfico Militar -IGM-.

Se analizarán muestras alteradas (descongeladas) y no alteradas de hielo obtenidas de las cumbres de los nevados mencionados, mediante la técnica de isótopos a fin de entender los orígenes de las fuentes de precipitación sobre los nevados, la reconstrucción del clima pasado en el Ecuador y entender la respuesta del balance de masa glaciar al clima, en especial a los eventos El Niño Oscilación del Sur (ENSO).

También se espera equipar estos glaciares con pluviómetros, estaciones limnimétricas automáticas, las cuales coleccionan las aguas provenientes de las vertientes, de las lluvias y nevadas que caen sobre las morrenas y el páramo; e, instalar estaciones meteorológicas e hidrológicas automáticas en la vertiente occidental del Chimborazo, a fin de definir la influencia del Pacífico y de los eventos ENSO sobre el clima y especialmente sobre la vertiente occidental de la cordillera. Estas instalaciones serán monitorizadas intensamente durante el período del proyecto, pero con la perspectiva de una continuación a largo plazo.

Los objetivos importantes de este proyecto son:

- 1) Obtener el balance de masa glaciar y el balance energético, para determinar las características de almacenamiento y para realizar cálculos de los derretimientos de los glaciares;
- 2) Realizar el inventario de los glaciares ecuatorianos, partiendo de la información recopilada en los nevados propuestos en el proyecto a fin de contar con metodologías utilizadas e nivel mundial;
- 3) Realizar el análisis hidrológico del escurrimiento superficial proveniente de glaciares utilizando el programa Snowmelt Runoff Model (SRM), a fin de modelar los caudales observados en base a parámetros meteorológicos recogidos en los glaciares y de la cobertura nivel/glaciar obtenida del análisis espacial y temporal tanto de la fotografía área disponible en el IGM, al igual que las imágenes satelitares disponibles en el CLIRSEN; y,
- 4) Cuantificar los volúmenes de casquetes glaciares a fin de evaluar el riesgo glaciovolcánico de los volcanes para determinar las magnitudes de posibles flujos de lodos y escombros en caso de una erupción o avalancha.

**RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS NGT BOLIVIA**

Bernard **Pouyaud** y Bernard Francou

**RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS NGT PERÚ**

César **Portocarrero**

**RESUMENES NO COMUNICADOS**

## **IMPACT DU PHENOMENE ENSO SUR LES RESSOURCES HYDRIQUES DE L'EQUATEUR.**

**Eric Cadier**  
ORSTOM, Ecuador  
Frédéric Rossel  
Gustavo Gomez  
INAMHI, Ecuador

### **RESUME**

Les ressources en eau de l'Equateur sont extrêmement variables dans l'espace et dans le temps. Comme dans tous les pays andins, l'irrégularité spatiale est due en grande partie à la présence des très hauts reliefs de la cordillère des Andes qui séparent les zones climatiques très différentes de l'Amazonie et du Pacifique sud-ouest. L'irrégularité dans le temps est en partie due à la proximité de l'Océan Pacifique qui est le siège d'oscillations atmosphériques et océaniques de plusieurs mois à plusieurs années d'amplitude (ENSO, El Niño southern Oscillation).

En Equateur, la pluviométrie des régions côtières dépend fortement des déplacements méridiens du Front Equatorial (FE) et de la zone de rencontre entre le courant marin froid de Humbolt, qui longe les côtes de l'Amérique du Sud en provenance des régions subpolaires avec le courant équatorial chaud en provenance du golfe de Panama (courant de El Niño).

Les années Niño, l'intensification du courant chaud, l'abaissement de la thermocline et l'affaiblissement des Alizés entraînent une élévation de la Température de Surface de la Mer (TSM) du Pacifique oriental de 1 ou 2°, atteignant même près de 5° au cours de l'événement exceptionnel de 1983. Ce réchauffement et l'intensification des migrations au sud de la ZCIT peuvent provoquer des précipitations exceptionnelles deux ou trois fois plus fortes que la normale. L'irrégularité des écoulements est encore plus accentuée que celle des précipitations. Le plus fort Niño observé au cours de ce siècle a eu lieu en 1983 et a provoqué une augmentation des précipitations d'un facteur de 3 à 30 selon les régions. Cette année-là il y eu 600 morts au sud de l'Equateur et au nord du Pérou. Le PIB de l'Equateur a diminué cette année-la.

La définition du Niño varie selon les auteurs et les régions de la planète. Ainsi la SOL, indice classique de caractérisation de l'ENSO, n'est pas corrélée de manière significative avec les pluies de l'Equateur alors que l'indice de TSM du bloc Niño 1 + 2 (0-10°S/80-90° W, proches de la côte) présente des coefficients de corrélation mensuels supérieurs à 0,7 avec les précipitations de certaines régions côtières. Les vents de surface des zones proches de la côte sont également des facteurs explicatifs significatifs.

La prévision des précipitations mensuelles de la fin de la saison des pluies peut être réalisée de manière satisfaisante avec des corrélations multiples analogues utilisant des indices de pluie, de TSM et de vent des mois antérieurs. Les coefficients de corrélation entre les valeurs observées et calculées des mois de mars à mai sont compris entre 0,6 et 0,7 pour plusieurs zones du littoral.

Cette méthode de prévision a cependant ses limites. On peut en effet observer de fortes pluies qui n'ont pas été provoquées par des Niño, qui s'avère ainsi ne pas être l'unique facteur responsable des fortes précipitations sur la côte équatorienne. Enfin sur la côte équatorienne, mais aussi dans d'autres zones du pays, on observe d'inquiétantes variations du climat et des ressources en eau à moyen ou long terme dont nous ne connaissons pas la encore la réversibilité.



# PALEOHIDROLOGIA DE LOS ULTIMOS 15000 ANOS DEL ALTIPLANO SUR (SALARES DE UYUNI Y COIPASA) BOLIVIA

Jaime Argollo

IIG UMSA, Casilla de Correo 12198, La Paz, Bolivia

## **RESUMEN**

En base a datos geomorfológicos, sedimentológicos se ha determinado que durante el tardiglaciario (14000 a 10500 años BP), los lagos de la fase Tauca y los glaciares se extendieron. Durante el Holoceno, los glaciares y los lagos retroceden rápidamente. En el lago Titicaca entre 8000 - 3900 años BP el clima es muy seco; mientras que, para los últimos 3900 años BP las condiciones hidrológicas y climáticas son muy fluctuantes.

## **Introducción**

El Altiplano boliviano constituye un vasto conjunto endorréico ubicado entre 3650 y 3900 m de altura en el corazón de los Andes (14° - 22° S y 66° - 71° W) delimitados por la Cordillera Oriental y Occidental. Presenta un gradiente climático norte-sur bien marcado tanto en lo que se refiere a la precipitación como a la temperatura. Esta variación climática está marcada por el desplazamiento de la ZCIT, que controla las precipitaciones de Verano (diciembre a marzo) y la sequía en invierno (junio a agosto). Algunos autores piensan que estas variaciones interanuales son más acentuadas en algunos años y, además, controlados por el fenómeno ENSO.

Durante los últimos 15000 años BP, las condiciones hidrológicas y climáticas del Altiplano Sur fueron totalmente diferentes a los actuales, este hecho ha sido demostrado por diferentes indicadores paleohidrológicos como ser la presencia de depósitos niveles de estromatólitos que marcan los niveles altos (3760 m) de los lagos, restos de depósitos lacustres situados a diferentes alturas con contenido de conchillas, characeas y niveles de costras calcáreas. La actividad glaciario está marcada por depósitos morrénicos (morrenas) que en algunas regiones parecen haber penetrado a los lagos de esa época.

## **Fluctuaciones lacustres**

Los datos obtenidos para este periodo de tiempo han sido establecidos por dataciones radiocarbónicas en carbonatos, de depósitos lacustres (conchillas, biohermas) y costras calcáreas. Estas edades radiométricas se agrupan principalmente en dos grupos, el primero que varía entre 13000 y 12000 años BP, durante este periodo se observa un ascenso paulatino del nivel de las aguas hasta alcanzar alturas de 3760 m, esta subida correspondería a la fase Lacustre Tauca 1. Otro grupo se ubica alrededor de 11000 y 10500 años BP, estos depósitos corresponden a una terraza situada a 4 m encima del nivel actual de los Salares de Uyuni y Coipasa que son asimilados a la fase lacustre de Tauca 2. Quedando completamente seco antes de 9500 años BP. Mientras que a la misma época las aguas del Lago Titicaca se encuentran por debajo del nivel de desagüe.

## **Actividad Glaciar**

Los grandes valles glaciares particularmente de la Cordillera Oriental muestran una serie de arcos morrénicos, que indican fases de avance y retroceso glaciar. Las fases de retroceso glaciar están marcadas por el desarrollo de turbas detrás de los arcos morrénicos o intercalados en los depósitos glaciares. Algunas de estas turbas han sido datadas y corresponden al último Maximo Glaciar que se situaría alrededor de 14000 años BP.

Dos reavances glaciares son identificados en la morfología durante el Tardiglaciar, uno alrededor de 13900 y 12200 años BP y el otro alrededor de 10000 años BP; localizados cerca a los glaciares actuales indicarian un retroceso glaciar muy intenso durante prácticamente todo el Holoceno. La fase de la Pequeña Edad del Hielo (posterior al siglo XIII en la Cordillera Oriental) nó es muy clara en las serranías del Altiplano Sur.

## **Conclusion**

Las correlaciones entre las fluctuaciones lacustres y las fluctuaciones glaciares muestran que los glaciares y los lagos de los Andes del Sur de Bolivia han registrado variaciones de las precipitaciones. Las variaciones de los niveles lacustres indican que un optimo de precipitaciones ocurre entre 13000 y 12000 años BP y arrededor de 10500 años BP. A partir de entonces se registra un balance hídrico negativo, hasta el presente.

## EXISTE MEMORIA DE LOS 10 000 ÚLTIMOS AÑOS EN EL ACUÍFERO DEL ALTIPLANO ?

Anne COUDRAIN-RIBSTEIN<sup>1</sup>, B. García, B. Pouyaud<sup>2</sup>, R. Gallaire<sup>2</sup>, C. Jusserand<sup>3</sup>, J. Quintanilla<sup>4</sup> & D. Cahuaya<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Unité de Recherche Associée au CNRS Circulations et transferts hydriques continentaux , Laboratoire de Géologie Appliquée, Univ. Pierre & Marie Curie, 4 place Jussieu, Paris, cédex 5, France. F: 33 1 44 27 51 25 ; coudrain@biogeodis.jussieu.fr

<sup>2</sup> Orstom, Instituto francés de cooperación y de desarrollo, CP 9214, La Paz, Bolivia

<sup>3</sup> Centre de Recherche Géodynamique, UPMC, 47 av. Corzent, BP 510, 74203 Thonon, France

<sup>4</sup> Instituto de investigaciones Químicas, Univ. Mayor San Andrés, CotaCota, calle 27, La Paz, Bolivia

<sup>5</sup> YUNTA, ONG boliviana, C.P. 14 529, La Paz, Bolivia

### RESUMEN

Se ha estudiado el acuífero freático en la parte central del Altiplano boliviano sobre una superficie aproximada de 6000 km<sup>2</sup> centrado en las coordenadas 18°S, 68°O. Este constituye el recurso de agua de la población campesina (Ledezma *et al.*, 1995). El clima actual es semiárido con 80% de los 350 mm anuales de precipitación que precipitan entre noviembre y marzo. La evaporación potencial media es de 1,5 m al año, así que las precipitaciones no participan directamente a la recarga del acuífero. La recarga actual se hace por el escurrimiento de ríos temporales en los pies de los montes en la parte oeste de la zona de estudio. Otra alimentación proviene del Río Desaguadero, único escurrimiento permanente que atraviesa la región.

La velocidad actual de poro fue estimada. Disminuye desde 5 m a<sup>-1</sup> cerca de los montes en el oeste hacia 2 m a<sup>-1</sup> en la planicie más al sur. Es decir que para un trayecto de unos 30 km, el tiempo de recorrido debe variar entre 5 000 y 20 000 años. Además entre la zona de recarga cerca de los montes y unos 30 km aguas abajo, la actividad de <sup>14</sup>C (Coudrain-Ribstein *et al.*, 1995a) varía de 70 a 3 pCm. Las aguas subterráneas de la zona sur de estudio han debido infiltrarse hace unos miles de años.

Además, la composición química varía de aguas arriba a aguas abajo. Por ejemplo, en la zona de recarga, la concentración en cloruros es aproximadamente de un meq l<sup>-1</sup>, y aguas abajo la concentración alcanza los 120 meq l<sup>-1</sup>. Varias hipótesis para explicar este aumento de salinidad pueden ser propuestas.

Una primera hipótesis fue expresada por Guyot & Gumiel (1990) : el escurrimiento superficial de las aguas más al norte podría salinizarse por disolución de los sales del Terciario que afloran a unos kilómetros del Río Desaguadero. Después, en la planicie de inundación de la zona estudiada aquí, se infiltrarían estas aguas salinas. Esto no es incompatible con *i)* los datos de la zona no saturada de la zona donde el acuífero es salado muestran que no ha habido infiltración desde unos mil años, *ii)* las bajas concentraciones del río Desaguadero durante sus crecidas (5 meq l<sup>-1</sup>). Sin embargo, los sales acumulados en la zona no saturada por evaporación de la capa acuífera alcanzan 18 kg m<sup>-2</sup> (Coudrain-Ribstein *et al.*, 1997) y podrían infiltrarse si ocurriera un episodio muy lluvioso. Por las actividades de <sup>14</sup>C y el tiempo requerido para tal acumulación de cloruros, el último evento de infiltración en estas partes donde el acuífero es salado tendría por lo menos dos mil años.

Una segunda hipótesis es la relacionada a la fase lacustre Tauca (8000 a 12 000 años). Según los últimos trabajos de datación (Rondeau, 1990 y Servant *et al.*, 1995), el lago Tauca alcanzó la altura de

3800 m es decir que cubría la zona estudiada. Es muy probable que este lago que cubría los actuales salares del sur presentase aguas bastante saladas. Risacher & Fritz (1991), tomando un cota máxima de este lago un poco menor propusieron una salinidad de  $80 \text{ g l}^{-1}$ . Hemos efectuado simulaciones de transporte de cloruros desde 10 000 años, tomando en cuenta una fase muy árida (Risacher & Fritz, 1992) y la condición inicial de concentración en el acuífero de  $200 \text{ meq l}^{-1}$ . Las concentraciones calculadas al final de la simulación son parecidas a las medidas de hoy.

Por otra parte, existe al este de la zona de estudio una explotación de oro desde hace unos cinco años. Esta bombea millones de metros cúbicos al año desde el acuífero es decir del orden de los principales términos de balance actual del acuífero (Coudrain *et al.*, 1995b). Se ha simulado tal bombeo por un periodo de 20 años. Los resultados muestran que el bombeo afecta el nivel piezométrico esta afectado hasta unos 10 km al oeste y cambia la dirección de los flujos subterráneos.

En conclusión, el estudio de la variación espacial de la composición química de las aguas del acuífero da información sobre la variación temporal de su régimen hidráulico desde unos 10 000 años. Toda explotación importante del orden de millón de metros cúbicos al año tiene consecuencias importantes en cuanto a la profundidad del nivel piezométrico y a la calidad del agua que puede ser modificada por los cambios de los flujos subterráneos.

## Referencias

- Coudrain-Ribstein A., Olive Ph., Quintanilla J., Sondag F. & Cahuaya, D. (1995a) Salinity and isotopic dynamics of the groundwater resources on the Bolivian Altiplano. AISH Publ. **232** *Application of Tracers in Arid Zone Hydrology*, E. M. Adar & Ch. Leibundgut (eds), 267-76.
- Coudrain-Ribstein A., Pratz B., Jusserand Cl., Quintanilla J., & Cahuaya D. (1997) Bilan et évaporation d'un aquifère en zone aride, Altiplano central bolivien. Publ. AISH *Hydrochemistry*, N. J. Peters & A. Coudrain-Ribstein (eds), 9 p.
- Coudrain-Ribstein A., Pratz B., Quintanilla J., Zuppi G., Jusserand Cl. & Cahuaya D. (1995b) Salinidad del recurso hídrico subterráneo del Altiplano central. *Bull. Inst. Français Etudes Andines* **24**, in: *Eaux, glaciers & changements climatiques dans les Andes tropicales*, P. Ribstein *et al.* (eds), 483-93.
- Guyot J.L. & Gumiel D. (1990) Premières données sur l'hydrogéologie et l'hydrogéochimie du Nord de l'Altiplano bolivien. *Hydrogéologie* **3**, 159-64.
- Ledezma R.D., Jiménez A., Moreau S. & Coudrain-Ribstein A. (1995) Recursos hídricos para riego en la provincia Villarroel, Altiplano boliviano. *Bull. Inst. Français Etudes Andines* **24**, in: *Eaux, glaciers & changements climatiques dans les Andes tropicales*, P. Ribstein *et al.* (eds), 473-82.
- Risacher Fr. & Fritz B. (1991) Quaternary geochemical evolution of the salars of Uyuni and Coipasa, Central Altiplano, Bolivia. *Chemical Geology* **90**, 211-31.
- Risacher Fr. & Fritz B. (1992) Mise en évidence d'une phase climatique holocène extrêmement aride dans l'Altiplano central, par la présence de la polyhalite dans le salar de Uyuni (Bolivie). *C.R. Acad. Sci. Paris* **314(II)**, 1371-7.
- Rondeau B. (1990) Géochimie isotopique et géochronologie des stromatolites lacustres quaternaires de l'Altiplano bolivien. *Mém. maîtrise, univ. Québec*, Montréal.
- Servant M., Fournier M., Argollo J., Servant-Vildary S., Sylvestre Fl., Wirmann D. & Ybert J.-P. (1995) La dernière transition glaciaire/interglaciaire des Andes tropicales sud (Bolivie) d'après l'étude des variations des niveaux lacustres et des fluctuations glaciaires. *C. R. Acad. Sc. Paris* **320(IIa)**, 729-36.

IHH DE LA PAZ , BOLIVIA  
Carlos Hervas

POSTER

TRABAJOS EN CURSO, REGION DE IQUIQUE  
Nancy Ebner

POSTER

TEXTO NO COMUNICADO

## **EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES EN LOS ANDES ECUATORIANOS PARA EL PERIODO 1964 - 1982.**

**Dr. Ing. Remigio Galarraga Sanchez,**  
Director Ejecutivo del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología  
- Iñaquito 700 y Corea - Quito - Ecuador.  
**Ing. Anibal Vaca,**  
Jefe del Departamento de Estudios Hidrológicos del INAMHI.

### **RESUMEN**

El conocimiento cuantitativo de la desigual distribución espacial y temporal del agua en los Andes Ecuatorianos, es una tarea continua del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) del Ecuador.

Algunos estudios realizados sobre este tema han demostrado que, a pesar de un trabajo continuo de recopilación de información hidrometeorológica por parte del INAMHI, los datos no logran caracterizar la situación real de esta distribución debido a la intensificación de los sistemas meteorológicos regionales, la presencia del fenómeno de El Niño, la actividad antrópica y sobre todo por un inadecuado uso del recurso hídrico en las cuencas hidrográficas.-

Para el presente estudio, se han considerado únicamente los recursos estimados en la región interandina con un área aproximada de 72.000 Km<sup>2</sup>, la cual corresponde a la región alta del país localizada entre las dos cadenas montañosas de los Andes Ecuatorianos y sus estribaciones occidental y oriental, que drenan al Pacífico y Amazonia, respectivamente.

En la parte más alta de esta región, conocida como serranía y generalmente está por encima de los 3000 m.s.n.m., se ubican organizaciones campesinas de gente indígena que constituyen sectores de minifundio con alto grado de pobreza, la ecología cada vez está más deteriorada por la influencia del hombre, se da un sobre pastoreo extremo y se utiliza toda especie arbustiva y leñosa como combustible, los espacios naturales cada vez se los están incorporando a cultivos por la necesidad de producir para el autoconsumo y para el mercado, el inadecuado uso de los recursos acelera el proceso de destrucción de los suelos por la erosión hídrica y eólica.

La producción agrícola y ganadera es indispensable para la supervivencia de las comunidades de estas áreas que están sujetas a condiciones climáticas extremas, tales como las heladas que indistintamente se producen durante todo el año, granizadas, vientos fuertes, sequías prolongadas y lluvias torrenciales.

A lo anterior, se suma el uso excesivo de productos químicos, lo que, además de su alto costo, puede provocar alteraciones ecológicas y sanitarias poco estudiadas hasta ahora.

Los bosques, antes existentes en la región, se han extinguido o sólo quedan pequeños corredores, los cuales están en proceso de destrucción por la explotación irracional; a pesar de que se encuentran en lugares de difícil acceso. Científicamente estos bosques son considerados como reservorio genético.

El recurso agua proveniente de los Andes Ecuatorianos está determinado por el balance hídrico realizado en el país para el período de 1964 a 1982. Este trabajo tiene como fundamento la ecuación simplificada de balance hídrico a nivel nacional, pero caracterizada a la región interandina. El total de estaciones hidrológicas utilizadas en el balance fue de 125 a nivel nacional, con datos de estaciones con un largo y confiable período de registro. Para los parámetros meteorológicos se utilizaron 193 estaciones de diferente tipo repartidas en todo el territorio nacional.

La precipitación en la región interandina corresponde a una distribución bimodal, con picos de precipitación en los meses de abril y octubre, con un valor mínimo para los meses más secos del año, entre julio y agosto. Los valores más altos de precipitación corresponden en general a los flancos o pie de monte de los ramales de las cordilleras y los más bajos para los valles interandinos. Las precipitaciones anuales fluctúan entre los 400 a 750 mm. en los valles, pasando a los 1000 mm. en las partes altas o crestas de los páramos a los 2000 mm. en las estribaciones.

La parte Sur de la Zona Interandina, concretamente la provincia de Loja, es el área de menor aporte lluvioso, acentuándose en los últimos años la disminución de las precipitaciones lo que agrava su estado de sequía y avance de los procesos de desertificación.

Los valores medios anuales de evapotranspiración calculados mediante Turc y Thornthwaite varían entre 750 mm en la zona de la cordillera a 500 mm para los valles.

La temperatura media anual en los valles varía entre los 12 a 16°C, disminuyendo en sus partes altas a 8°C a valores extremos menores a 0°C, hasta llegar alrededor de los 20°C en los costados cordilleranos y algunos valles afectados por la influencia oceánica y amazónica con poca variación entre invierno y verano.

Debido a la conformación topográfica de la serranía ecuatoriana, los caudales generados en las montañas de los Andes, drenan hacia las cuencas del Pacífico y de la Amazonia, con valores que fluctúan entre los 60 y 120 mil millones de metros cúbicos por año (con una media de 86.5 mil millones de metros cúbicos) y de entre 160 y 240 mil millones de metros cúbicos (con una media de 197.6 mil millones de metros cúbicos), respectivamente; un porcentaje de los totales indicados corresponden a los escurrimientos producidos en la región interandina o Sierra.

## ORSTOM EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL NORTE

Hugo Alonso C., Departamento de Química  
Ex-alumno ORSTOM en Edofología

### RESUMEN

En el marco del decenio para las zonas áridas de la UNESCO (década del sesenta) un becario de la Universidad del Norte estudió en el Centro Bondy de ORSTOM en un programa sobre valorización de suelos en zonas áridas. A principios de la década del setenta se recibió cooperantes franceses, algunos de ellos relacionados a ORSTOM.

Por circunstancias diversas, esta cooperación se detuvo y comenzó a gestionarse su reanudación en 1988, mediante contactos con la misión ORSTOM en Bolivia, con auspicio de la Embajada de Francia en Chile. Se discutió un nuevo programa de cooperación en el ámbito de la Hidrología, particularmente en la gestión de recursos hídricos. Estadias temporales de los señores Pierre Pourrut y Jacques Bourges concretaron un programa bajo la dirección del primero de ellos. Se estableció un banco de datos hidrológicos, meteorológicos e hidroquímicos de las principales cuencas de la Segunda Región. Se consultó becas para académicos de la UCN, viajando a Francia los profesores Jorge Araya del Departamento de Física, Alex Covarrubias del Departamento de Ingeniería Civil y Leonardo Mardones del Departamento de Ciencias Geológicas, con objeto de seguir estudios conducentes a doctorado. También la Sra. Lucy Vargas, Química, en los laboratorios de Bondy. Las investigaciones se centraron en la cuenca del río Zapaleri por su relación a Bolivia, se buscó una coordinación con los programas de ORSTOM en ese país. Se contó también con la colaboración de ESSAN.

Se realizó en 1991 un Seminario Internacional sobre Hidrología del Altiplano en el cual se estudiaron diversas ponencias y propusieron nuevos programas. Uno de ellos, de geoquímica de aguas, se concretó con la venida del Sr. François Risacher anteriormente en ORSTOM Bolivia, donde estudiaba la geoquímica de agua en la zona del altiplano. El programa se extrapoló a Chile donde en convenio entre ORSTOM, UCN y Dirección General de Aguas, se realiza un estudio en las cuencas cerradas de la I, II y III Regiones, ello concluye este año.



## ALGUNOS LOGROS DE LA COOPERACIÓN UCN - ORSTOM (1991-1997)

Pierre Pourrut

Dr en Geodinámica Externa, Coordinador Convenio UCN ORSTOM Ing. Hidrólogo ORSTOM  
Ecluse du Fossat- 46700 Soturac - France

### RESUMEN

Se oficializó, en enero de 1991, una colaboración científica entre la Universidad Católica del Norte (UCN) y el Institut Français de Recherches Scientifiques pour le Développement en Coopération (ORSTOM) de Francia, dando lugar a dos protocolos de cooperación técnico-científica:

- Convenio General de Cooperación
- Convenio Específico en Hidrología

Estos convenios, de una duración de tres años, fueron renovados para otro período igual en enero de 1994. En 1997, considerándose que los objetivos habían sido en su mayoría cumplidos, se decidió organizar la presente manifestación científica para dejar constancia del avance de los conocimientos en el campo de los recursos hídricos y para entregar a los sectores públicos, privados y académicos, un Sistema de Información Geográfica denominado SAGARA. Este constituye una herramienta práctica porque, en un solo banco de datos, se dispone de la información útil para que los especialistas y planificadores puedan elaborar las distintas opciones con miras a una gestión racional del agua en la Región de Antofagasta.

El objetivo de la cooperación era múltiple:

- \* localizar y evaluar de la forma más exhaustiva posible, la cantidad y calidad del recurso agua disponible a distintos plazos, en el marco general del desarrollo regional;
- \* con el fin de promover una gestión y manejo adecuado del agua, realizar estudios tendientes a conocer y comprender los mecanismos que rigen su formación, su circulación y su rol en el marco de 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;
- \* elaborar un sistema informático (banco de datos u otro) que integre toda la información confiable, o sea aquella generada por las actividades propias de la cooperación además de los datos ya existentes, una vez criticados y controlados;
- \* abrirse hacia el mundo universitario, centros e institutos internacionales de investigación, en el campo de los recursos hídricos;
- \* realizar proyectos multidisciplinarios y multi-institucionales, con carácter internacional, en la región andina;
- \* promover, mediante la ejecución de memorias de grado o de título, a nivel local y a través de becas en Francia, la formación y el perfeccionamiento tanto de estudiantes como de académicos;
- \* brindar asesoría y asistencia técnica a las entidades y/o empresas que lo requieran.

El Convenio Específico se materializó en la formulación y desarrollo del proyecto DGICT "Evaluación y Gestión de Recursos Hídricos de la II Región", para el cual se constituyó un grupo

multidisciplinario, denominado Unidad de Investigación del Recurso Hídrico (UNIRHI), conformado por seis académicos de distintas Facultades de la Universidad e investigadores de ORSTOM. Entre estos últimos, dos de ellos han sido asignados en calidad de jornada completa : un ingeniero con experiencia en hidrología e hidrogeología, desde enero de 1992, y un informático especializado en SIG, desde junio de 1995 (y hasta octubre de 1997). A ello debe agregarse la venida periódica de distintos especialistas de dicha institución, en función de las necesidades de los estudios.

Para cumplir con los objetivos indicados, en particular para la implementación, mantención y observación continua de las estaciones de registro, ha sido necesario disponer de instrumental especializado y de medios de funcionamiento adecuados. En este contexto, se pudo contar con un financiamiento compartido entre la UCN y ORSTOM, además de aportes externos entre los cuales debe destacarse los de la empresa ESSAN S.A., todavía vigentes.

Los primeros logros han sido comunicados en dos seminarios públicos organizados en la UCN en 1993 y 1994, con su correspondiente documentación. Desde 1995, los resultados han sido presentados en numerosas comunicaciones científicas a nivel nacional e internacional, en seminarios y coloquios en Chile, Bolivia, Méjico, Perú, España, Francia y Suecia, entre otros, y en publicaciones o revistas editadas en el ámbito universitario. Dichos estudios abarcan los tres principales programas siguientes: 1.- Hoya superior del río Loa; 2.- Región del Altiplano mediante estudios de la Hoya del río Zapaleri y Estación climatológica de Quisquiro; 3.- El Desierto, el Hombre y el Agua. Las comunicaciones científicas presentadas en este coloquio por los distintos investigadores Chilenos y Franceses que participaron en los estudios hablan por si mismas : sería superfluo y hasta traicionero intentar exponerlas aquí, en un resumen de cortas palabras. Estimado lector, véase cada una de ellas.

Paralelamente, con el desarrollo de las actividades de investigación, han sido realizadas distintas acciones de formación y perfeccionamiento académico en Francia. Cabe destacar las estadias de especialización o de obtención de diplomas universitarios en la Universidad de París VI-Orsay (dos doctorados en el campo de la hidrología isotópica), en el Centro de Meteorología Espacial de Lannion, Centros ORSTOM y CEMAGREF de Montpellier y Groupe Scientifique de Télédetection Spatiale de Strasbourg (en sensores remotos e interpretación de imágenes satelitales), en los laboratorios de Bondy y Montpellier (en técnicas analíticas de elementos mayores y trazas en aguas y suelos), en fin en el Centro ORSTOM/Universidad de Montpellier II (DEA en Ciencias del Agua y Medio Ambiente).

Localmente, en el campo académico, han sido desarrolladas en el marco del programa una quincena de memorias de título en los campos de ingeniería civil, química e hidrogeología, además de tres tesis de estudiantes franceses y de una "allocation orstom" de investigación en teledetección, todavía en curso.

La colaboración UCN-ORSTOM, la que puede considerarse como una primera etapa en el desarrollo de una fructífera cooperación internacional respecto del AGUA, culmina con la realización del presente coloquio. Los que mancomunadamente obraron durante seis años están pendientes de la respuesta dada a sus esfuerzos, teniendo todos la íntima convicción de que los resultados, en especial el SAGARA, podrían contribuir en aportar algunos elementos importantes para manejar adecuadamente el recurso agua, tan escaso y primordial. Tienen también la esperanza de que este coloquio no será un fin sino más bien un inicio para plantear nuevas bases tendientes hacia el mismo propósito.

## **MODELIZACIONES HIDROLOGICA E HIDRAULICA DE LA HOYA DEL RIO TOCONCE**

**Alex Covarrubias A.**

Departamento de Ingeniería Civil - Universidad Católica del Norte  
Avda. Angamos 0610, Antofagasta, Chile

**Pierre Chevallier**

Chef UR 21 - ORSTOM Montpellier, France

### **RESUMEN:**

La hoya del río Toconce aporta con un 35% de las aguas destinadas al consumo potable de la IIª Región de Antofagasta, en el norte grande de Chile. Aunque en menor proporción, sus recursos son también utilizados en generación hidroeléctrica, agricultura y en la industria, todos usuarios en permanente conflicto de intereses, al superar la demanda ampliamente a la oferta.

Desde el punto de vista hidrológico, la hoya hidrográfica es de pequeño tamaño, 174 km<sup>2</sup>, de característica montañosa, que se desarrolla entre los 3.000 y 5.500 m.s.n.m.. Ella cuenta con diferentes tipos de obras hidráulicas, según sean los usos que se den a sus recursos.

El presente trabajo muestra un primer intento hacia la elaboración de una herramienta que permita utilizar óptimamente los recursos hídricos disponibles, en una zona de oferta muy escasa y una demanda fuertemente creciente.

Corresponde a una modelización hidrológica e hidráulica realizada con dos sistemas informáticos adaptados a las diferentes áreas del conocimiento. En el ámbito de la Hidrología, se ha aplicado DEMIURGE®, un paquete de programas realizados en ORSTOM, para la elaboración de un Modelo Numérico de Terreno (MNT), que ha sido aplicado con interesantes resultados en otros países, siendo ésta la primera vez en el estudio de una hoya hidrográfica en el norte de Chile. En relación a la Hidráulica, se ha aplicado VENSIM® (Ventana Simulation) versión 2.1, que es un software general para simulaciones y que, mediante adecuadas definiciones de los parámetros y variables comprometidas, se puede aplicar sin dificultades en esta área.

Los resultados presentados dicen relación a la adaptabilidad de los programas a los objetivos establecidos como son el conocimiento de las características geomorfológicas de la hoya y su red de drenaje y la posibilidad de disponer de una herramienta para la mejor gestión del recurso hídrico disponible.

# PRECIPITATIONS D'ALTITUDE, EAUX SOUTERRAINES ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES DE L'ALTIPLANO NORD-CHILIEN

Isabelle Chaffaut, doctorante Université de Paris-Sud,  
Laboratoire d'Hydrologie et Géochimie Isotopique

## RESUME

Les ressources en eau sont étudiées dans le secteur extrêmement aride, localisé entre 21° et 23.5° de latitude sud et 67° à 69° de longitude ouest, autour du « point triple » délimitant les régions nord-est chilien, nord-ouest argentin et sud-ouest bolivien. L'étude intéresse les vastes étendues altiplaniques et la chaîne de volcans situés entre 3000 et 6000 mètres d'altitude.

La géochimie et l'analyse isotopique des eaux de surface, des nappes souterraines ainsi que des précipitations, sont utilisées dans le but d'améliorer la connaissance et la compréhension de l'hydrologie des zones altiplaniques.

### Précipitations :

Ce domaine des Andes constitue une zone de transition entre deux grands régimes de précipitations. Au nord-est dans le secteur bolivien dominant les pluies estivales de convection alimentées par l'advection d'air humide amazonien. Au sud-ouest par contre, les précipitations sont prépondérantes en hiver et issues d'événements frontaux extratropicaux.

Les processus de convection avec mise en jeu d'humidité originaires de l'Atlantique sont effectivement observés sur l'altiplano. L'humidité issue du Pacifique pourrait également contribuer aux rares précipitations altiplaniques lorsque des fronts froids ou des gouttes froides détachées de ces fronts parviennent occasionnellement à cheminer vers les latitudes moyennes, puis vers l'intérieur du continent.

Les précipitations sont étudiées en s'appuyant sur les données d'une station climatologique installée sur l'altiplano à 4260 m d'altitude, en fonctionnement depuis juillet 1994. Cette station permet l'échantillonnage de tous les événements de pluie, neige ou grêle survenus localement. En outre des échantillonnages spatialisés de précipitations sont réalisés lors de plusieurs missions de terrain, au cours de différentes saisons, depuis 1993.

Les analyses isotopiques (isotopes stables O18 et D) des échantillons permettent de tracer une droite météorologique régionale, voire des droites locales. On cherche à évaluer les gradients isotopiques caractéristiques de la région, fonctions de la température au sol, de l'altitude, des quantités précipitées. On décrit à travers les analyses isotopiques, les mécanismes qui semblent influencer de façon prépondérante sur la nature des précipitations tels évaporation et sublimation.

L'objectif est avant tout de tenter de discriminer les « masses d'air » à l'origine des précipitations afin de décrire et d'évaluer, pour le secteur d'étude, la contribution respective des différents processus climatologiques en jeu.

Deux familles semblent ainsi se détacher, qui sont en cours de caractérisation.

### Sources (eaux souterraines) :

Les précipitations sur l'altiplano sont en réalité très épisodiques ; en outre elles présentent une très grande variabilité interannuelle et intrasaisonnière.

Une manière différente d'appréhender le problème, consiste à rechercher et collecter des sources d'altitude très peu minéralisées, pour tenter à travers elles - dans la mesure où elles présentent effectivement des temps de transfert souterrain courts - de retrouver une représentation moyenne des précipitations « actuelles », déterminantes pour la recharge.

Afin d'autoriser l'intercomparaison entre des recharges et processus de transfert hydrogéologique distincts, de nombreuses sources et quelques forages sont prospectés, permettant un recouvrement spatial de la zone d'étude. Le contexte d'émergence est décrit à travers l'analyse d'images SPOT (nature des terrains, degré de fracturation). Des types originaux de réservoirs potentiels sont identifiés sur l'altiplano (bassin de décrochement « pull-apart », glacier « rocheux »).

Plusieurs caractéristiques des sources sont étudiées parmi lesquelles : les teneurs isotopiques des éléments stables, la conductivité, les altitudes et températures d'émergence, enfin la composition chimique des éléments principaux.

Deux grandes familles s'identifient également parmi les sources. Les méthodes de discrimination des eaux par analyses multivariées sont en cours d'exploitation.

Des analyses complémentaires (C13/C14, H3) sont effectuées sur quelques échantillons typiques, afin de caractériser les temps de résidence des eaux souterraines. L'interprétation des activités en C14 est compliquée notamment par la mise en jeu de gaz carbonique d'origine volcanique et par les mélanges possibles avec des eaux géothermales.

Sur la base des différentes données en cours d'exploitation, on cherchera à décrire les fonctionnements hydrologique et hydrogéologique sur l'altiplano.

D'ores et déjà, il peut être précisé que les systèmes de recharge ne sont vraisemblablement pas actifs actuellement puisque deux types de résultats opposés se profilent : l'un moderne sur les pluies, mais le second beaucoup plus ancien sur quasiment l'ensemble des sources répertoriées.

## **EVOLUCION DE AGUAS EN CUENCAS CERRADAS APLICACION A LOS SALARES DE ASCOTAN Y CARCOTE**

**Francois Risacher**

ORSTOM, Román Díaz 264, Providencia, Santiago .

**Carlos Salazar**

DGA, Departamento de Estudios y Planificación, Morandé 59, Santiago .

**Hugo Alonso UCN**

Departamento de Química, Antofagasta

### **RESUMEN**

Dentro del marco de un convenio entre la Dirección General de Aguas, la Universidad Católica del Norte y Orstom, se ha desarrollado el estudio hidrogeoquímico de todas las lagunas y salares de la Cordillera chilena. Se ha reconocido 53 lagunas y salares y prelevado más de 600 muestras de aguas y salmueras de vertientes, ríos, napas subterráneas y lagunas. Todas las aguas fueron analizadas por sus componentes mayores, menores y algunas trazas. Se ha obtenido así una caracterización hidroquímica bastante completa de los salares de la Cordillera chilena. El estudio abarca varios temas:

- calidad de las aguas para su posible uso doméstico o industrial
- origen de los componentes disueltos en las aguas
- balance hídrico y salino de las lagunas
- evolución química de las aguas cuando se evaporan

Esta comunicación trata de este último enfoque, aplicándolo a los salares de Ascotán y Carcote. Cuando un agua se evapora, sus componentes disueltos se concentran y varios minerales precipitan sucesivamente cambiando la composición de la solución. La calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) es siempre el primer mineral que precipita, lo que mantiene constante el producto de las actividades del calcio y del carbonato. Estos dos componentes no pueden concentrarse simultáneamente. Si al principio de la precipitación de la calcita hay más Ca que  $\text{CO}_3$ , la solución se concentrará en Ca y se empobrecerá en  $\text{CO}_3$ . Es la vía evolutiva neutra. Si al contrario hay más  $\text{CO}_3$  que Ca, la solución seguirá la vía alcalina aumentando el  $\text{CO}_3$  y disminuyendo el Ca. La precipitación de la calcita determina dos vías evolutivas totalmente distintas que llegan a salmueras carbonatadas, de pH superior a 10, para la vía alcalina y a salmueras neutras sin carbonatos, de pH inferior a 8, para la vía neutra. La precipitación del yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), que casi siempre ocurre en la vía neutra debido a que se concentra el calcio, también determina dos vías evolutivas. Si al principio de la precipitación del yeso hay más Ca que  $\text{SO}_4$ , la solución se concentrará en Ca y se empobrecerá en  $\text{SO}_4$ , llegando así a salmueras calcicas pobres en  $\text{SO}_4$ . Al contrario, si hay más  $\text{SO}_4$  que Ca, se obtendrá salmueras sulfatadas con bajas concentraciones de Ca. La vía evolutiva alcalina caracteriza aguas que drenan y alteran rocas cristalinas o volcánicas totalmente desprovistas de azufre y mineralizaciones. La vía neutra sulfatada se encuentra en las aguas que drenan formaciones volcánicas con azufre, aún con muy baja concentración, mientras que la vía neutra calcica se encuentra preferencialmente en terrenos sedimentarios. Cuando una solución esta evolucionando en una determinada vía, es muy difícil modificar esta evolución. En el tema de la hidroquímica de cuencas cerradas, es mucho más conveniente clasificar las aguas por las vías evolutivas que siguen, o que podrían seguir, que aplicar las tradicionales clasificaciones de aguas.

De las 25 aguas de aporte prelevadas en el salar de Ascotán, solamente 4 siguen la vía alcalina mezclándose rápidamente con soluciones neutrales mucho más abundantes en la cuenca del salar. Así pues, todas las aguas que entran en el salar pertenecen a las vías neutrales. Al oeste del salar todas las soluciones siguen la vía sulfatada, mientras que las aguas del lado oriental, cerca de la frontera con Bolivia, siguen todas la vía calcica. Sin embargo la geología de la cuenca de drenaje, caracterizada por estratovolcanes andesíticos, es muy parecida al este como al oeste del salar. Las soluciones sulfatadas que se encuentran al oeste del salar concuerdan con esta litología. Al contrario, las soluciones calcicas al este del salar no parecen provenir de la alteración de rocas volcánicas de esta zona, sino más bien de la alteración de rocas sedimentarias ausentes de la cuenca. Considerando también la influencia termal que manifiestan estas aguas, se puede deducir que son soluciones de circulación profunda que tienen su origen afuera de la cuenca del salar, probablemente en la Cordillera boliviana. La cuenca de Ascotán colinda al este con las cuencas de los salares de Cañapa, Hedionda, Chiar Kota, Honda, Pujio y Ramaditas. Las aguas que alimentan estos salares siguen mayormente la vía sulfatada como lo hacen las soluciones del oeste del salar de Ascotán. Reflejan bien la litología de las serranías entre Ascotán y los salares bolivianos. Eso sugiere que las aguas calcicas de la ladera oriental del salar de Ascotán no provienen de aguas superficiales del vecino sector de Bolivia. Pero es muy posible que provengan de napas más profundas que podrían estar en conexión hidrológica con las aguas superficiales bolivianas. Como consecuencia, se puede razonablemente esperar que la explotación de las napas del sector oriental del salar de Ascotán no debería tener una influencia inmediata sobre el equilibrio hídrico de los vecinos salares bolivianos. Sin embargo, a más largo plazo, el agotamiento de las soluciones calcicas profundas podría acarrear el desplazamiento hacia Ascotán de las aguas sulfatadas superficiales del lado boliviano. Por eso se recomienda monitorear cuidadosamente la razón  $SO_4/Ca$  de las aguas extraídas en la ladera oriental de Ascotán. Un aumento significativo de esta razón indica un aporte de soluciones superficiales sulfatadas y probablemente una ruptura en el equilibrio hídrico de las cuencas colindantes.

El salar de Carcote también presenta las dos vías evolutivas neutrales calcicas y sulfatadas. Pero no se distribuyen como en Ascotán. Las soluciones sulfatadas ocupan un sector reducido al extremo norte del salar mientras que las soluciones calcicas ocupan todo el resto del salar incluyendo su lado occidental. Eso confirma que las aguas calcicas siguen un trayecto profundo sin relación con la topografía de la zona. En resumen, el salar de Carcote tiene un quimismo predominantemente calcico, mientras que Ascotán es sulfatado al oeste y calcico al este. Las salmueras de la orilla nor-oeste de Ascotán, que son las más cercanas de Carcote, son de tipo sulfatadas mientras que las salmueras de Carcote justo del otro lado del cordón separador son de tipo calcico. Esto sugiere que, aunque pueda haber infiltraciones de Ascotán hacia Carcote, estas son mínimas y no tienen mayor influencia sobre el quimismo de las salmueras del salar de Carcote.

## **EVALUACION HIDROGEOLOGICA EN CUENCAS ANDINAS Y PREANDINAS**

Leonardo **Mardones** Pérez  
CODELCO , Chuquicamata

### **RESUMEN**

La presencia de abundantes estratovolcanes, alineados en ocasiones en extensas cordilleras, dan lugar a numerosas cuencas, la mayoría de ellas endorreicas, La gran cantidad de los acuíferos presentes en la cordillera están relacionados a dichas cuencas.

La evolución hidrológica de dichas cuencas condiciona el carácter salino de sus aguas en estrecha relación a su endorreísmo. El carácter salino de las aguas en las cuencas salinas es independientes en cada una de ellas dada la nula interconexión de las cuencas. A pesar de ello, el fenómeno de recarga obedece al mismo proceso climatológico, de manera que existe una clara tendencia isotópica de las aguas subterráneas en el sentido Norte a Sur, indicando la orientación de movimiento de los frentes de recarga.



# **SEGUIMIENTO HIDROQUIMICO DE UNA CUENCA ALTIPLANICA - METODO DE EVALUACION DE IMPACTO**

**Lucy Vargas**

Química, Grupo UNIRHI, Convenio UCN-ORSTOM

## **RESUMEN**

La región altiplánica de la Segunda Región presenta un tipo de cuencas endorreicas, de origen tectónico, que facilitan la formación de lagunas y salares cerrados. En ellos se distinguen dos tipos de composición química variables según el área espacial que abarcan y períodos estacionales. Un amplio muestreo de terreno logró demostrar las características propias entre lagunas y salares (costras), en especial en lo que se refiere a la concentración de elementos disociados. Es probable que estas alteraciones se deban a los procesos fisico-químicos de evapotranspiración cuyos índices son muy altos en la zona, estimándose que la evaporación llegaría a cerca de 6 mm/día alrededor de 4.100 m.s.n.m. Respecto de la concentración de elementos en las muestras colectadas se pueden detectar varias anomalías, entre ellas aquellas producidas por la surgencia de aguas subterráneas, que conducen a una mayor dilución de estas aguas salinas.

El interés principal del amplio muestreo realizado a lo largo de varios años, además de permitir apreciar la fragilidad de los sistemas estudiados, es establecer un marco referencial de las condiciones de salinidad de dichas cuencas con el fin de poder evaluar los impactos producidos por su explotación (extracción de agua para consumo humano, aprovechamiento turístico, ...). Este objetivo se alcanzará manteniendo una periodicidad fija en el muestreo estacional de puntos característicos, con la finalidad de conocer los desequilibrios en el balance fisico-químico de las cuencas estudiadas, los que constituirían índices de un manejo inadecuado.

**UTILIZACION DE UN BANCO DE DATOS SATELITALES SPOT PARA EL ESTUDIO DE LOS RECURSOS HIDRICOS- EJEMPLO EN LA CUENCA ALTA DEL RIO LOA.**

Jorge Araya, Yves Arnaud y Jean-Claude Pion

**EL ROL DE LA DGA EN LA INVESTIGACION Y MEDICION DEL RECURSO HIDRICO**

Henru Hinostroza y Carlos Salazar , DGA

**LA GESTION DEL RECURSO HIDRICO EN ZONAS ARIDAS. ASPECTOS INSTITUCIONALES Y LEGALES**

Humberto Peña

**TEXTOS NO COMUNICADOS**

# **DEFINITION OF THE MONTURAQUI - NEGRILLAR - TILOPOZO AQUIFER SYSTEM**

**Stephen Foot**  
Empresa Minera Escondida

## **ABSTRACT**

In the exploration of water resources for its mining operations, Minera Escondida Limitada (MEL) has been exploring and evaluating the Monturaqui - Negrillar- Tilopozo Aquifer System since 1984. Another mining company, neighbour to MEL, that shares interests in the groundwater of this extensive aquifer system have provided information and expert knowledge to complement this study. Based on the evaluation of this extensive data set COREMA has been able to authorize MEL to develop and operate a production wellfield in the Monturaqui portion of the aquifer system.

In the definition of the Monturaqui-Negrillar-Tilopozo Aquifer System, Minera Escondida Limitada has carried out geophysical surveys, geological and hydrogeological studies, satellite and aerial photographic interpretations, five drilling campaigns and the performance of pumping tests.

The focus of the paper shows how the evaluation of all the data, available to MEL, has allowed this aquifer system to be clearly defined.

## MODELO HIDROGEOLOGICO DE LOS ACUIFEROS DE NEGRILLAR-TILOPOZO

Jorge Díaz A.

Jefe Depto. Medio Ambiente, Cía. Minera Zaldívar

### RESUMEN

**Compañía Minera Zaldívar (CMZ)** desarrolló entre los años 1991 y 1995 una campaña de exploración hidrogeológica en el sector de Negrillar, ubicado a 30 Km. al sur del borde sur del Salar de Atacama, tendiente a la búsqueda de una fuente de recursos hídricos que satisficieran la demanda de su proyecto cuprífero.

La primera etapa de dicha exploración consistió en la perforación de ocho pozos habilitados en 8", diez pozos de prueba habilitados en 12" en los cuales se realizaron pruebas de bombeo que recomendaron una segunda etapa, durante la cual se construyeron seis pozos de producción habilitados en 16" y de 300 m de profundidad, ubicados en el extremo norte del área investigada.

La evaluación hidrogeológica del acuífero de Negrillar reconoció la existencia de una zona saturada de 120 Km<sup>2</sup>, cuyas reservas en los primeros 50 metros de profundidad alcanzan un volumen de 1,2\*10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>, que equivalen a un caudal continuo de 1,9 m<sup>3</sup>/s durante 20 años.

La constitución de derechos de aprovechamiento por la Dirección General de Aguas, impuso el establecimiento de un sistema de monitoreo de niveles de agua subterránea localizado al norte del campo de pozos de estudio y producción, con el objeto de detectar, a través de descensos en los niveles, la extensión hacia el extremo sur del Salar de Atacama del cono de influencia generado con el bombeo continuo desde los pozos de producción y el posible efecto que la descarga artificial desde el acuífero, pudiera tener en la alimentación de las lagunas en el sector de Tilopozo y en la alteración de la posición de la interfase salina existente en la zona.

Para cumplir con tal requisito y como medida de control interno, CMZ ha llevado un control mensual no sólo de los niveles de pozos de observación indicados por la DGA, sino que en todos los pozos perforados durante la campaña hidrogeológica. Las mediciones de niveles se iniciaron a mediados del año 1992, completándose a la fecha dos periodos de observaciones cuyos resultados han sido analizados en base al estudio de las variaciones de niveles estáticos en los pozos de estudio y observación, localizados en el sector de Negrillar y Tilopozo, con el objeto de:

- \* Mejorar la confiabilidad del conocimiento del sistema acuífero en explotación, relacionando éste evento con el perfeccionamiento del modelo acuífero.
- \* Calificar la efectividad del programa de control de niveles.
- \* Estimar, en base a los antecedentes de que se dispone, el almacenamiento a largo plazo del acuífero en el que está ubicado el campo de pozos.

El modelo hidrogeológico que se usa es el VMODFLOW, el que es una versión del MODFLOW creado por el USGS de los Estados Unidos. Es un modelo de diferencias finitas que simula la tridimensionalidad de los acuíferos.

La versión VMODFLOW es una versión modificada por la Empresa WATERLOO HYDROGEOLOGIC de Canadá, en el cual el modelo en si ha permanecido original y se ha modificado la entrada y salida de datos para hacerlo más amigable y fácil de utilizar.

En Negrillar se comenzó a modelar con el modelo MODGRAPH que es otra versión de MODFLOW. Posteriormente se pasó a MODFLOW, con el cual se completó la primera etapa de calibración en modo transiente, llegándose a la conclusión que es necesario recomenzar la calibración introduciendo nuevas condiciones de borde, especialmente en lo referente a cambios estratigráficos definidos en la zona del campo de pozos de producción.

# ALTERNATIVA SOLAR PARA TRATAMIENTO DE TÓXICOS EN EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Wilfredo Jiménez W, Javier Tamblay P; Roberto Galleguillos V.  
Universidad Católica del Norte, Casilla 1280. Antofagasta

## POSTER

### RESUMEN.

Los 220.000 habitantes de la ciudad se abastecen de agua de tres aducciones con alto índice de toxicidad por arsénico: Lequena con 520 [lt/s] contiene 0,30 [ppm]; Toconce con 490 [lt/s] contiene 0,90 [ppm]; y Quinchamale con 360 [lt/s] contiene 0,18 [ppm]. El actual proceso de tratamiento del agua se basa en la oxidación, absorción, floculación, decantación y filtración, con el agregado de cloro, coagulantes, etc. Se reduce el nivel de arsénico a 0,05 [mg/lt]. El proceso, presenta inestabilidad originada por variaciones de ph, temperaturas, caudal; densidad, dosis de coagulantes y de operación en general. El costo es 40% del presupuesto del Ministerio de Obras Pública regional.

En virtud de los resultados del agua tratada por la destilación solar (2,5 litros por m<sup>2</sup> promedio diario-anual y abatimiento total de tóxicos como el arsénico y el boro), se evalúa una planta mixta, que aprovecha parte de la infraestructura existente (dosificación y almacenamiento) y una planta de destiladores, tipo hot box, para inhibir el arsénico. No utiliza accesorios, como el precalentamiento de agua salobre, ni sistemas multiflash.

La planta propuesta, la compone un conjunto de 3000 baterías destiladoras con 160 unidades cada una, y exponen un total de 18000 [m<sup>2</sup>] de superficie evaporante. Produce diariamente 44.928.000 litros por m<sup>2</sup>, osea, 520 [lt/s]. El agua se almacena en el estanque existente, surtiendo a los 480.000 destiladores por medio de conductos P.V.C. La potabilización del agua destilada se obtiene de la mezcla racional entre los dos tipos de agua (planta solar-planta de la aducción). La batería de destilación, es rectangular de (1,5x25) m<sup>2</sup> de cubierta de vidrio apoyadas sobre fundaciones de suelo-cemento y un fondo de suelo mismo, cubierto de una manga de poliestireno negra. Se proporcionan los cuatro requisitos principales de potabilidad, según las N.Ch 409/1 of84: requisito físico, requisito químico, acidez, etc.

La tabla de más abajo, resume el costo involucrado en los distintos procesos de tratamiento para potabilizar el agua: uno convencional y el otro que usa la evaporación solar para el abatimiento del arsénico.

COSTOS [US\$]	PLANTA SOLAR	PLANTA DE FILTRO
costo de construcción	224.984.637	32.398.526
costo de consumo anual	331.000	597.300
costo m <sup>3</sup> / agua producida	0,02	0,03

Un simple análisis económico verifica que la planta solar pasa a ser rentable al cabo de 363 años. Esta conclusión, nos confirma que las energía renovables, se justifican, sólo para tratar pequeñas cantidades, tales como los requeridos en asentamientos rurales, donde la vía convencional es escasas y cara. Este es el caso de los pueblos precordilleranos del desierto de Atacama.

# ESSAN S.A. Y LA PLANIFICACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS

Alberto Cáceres V.  
Gerente de Ingeniería, ESSAN S.A.

## RESUMEN

ESSAN S.A. como concesionaria de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado de la IIª Región, debe satisfacer las necesidades actuales y futuras de la población para estos servicios básicos con los recursos que genere su gestión, en el marco de la legislación sanitaria vigente.

Por las características de clima desértico de la zona, los recursos de agua aptos para sustentar el crecimiento de la minería y la industria en la IIª Región son escasos y en general están emplazados a mucha distancia de los centros de consumo. Los recursos renovables de aguas dulces o de bajo contenido salino son extraídos casi en su totalidad para satisfacer las actuales demandas de agua potable de la población, de la agricultura regional y de los yacimientos mineros en explotación.

En este ámbito, la empresa ha debido adoptar un posicionamiento estratégico para enfrentar los desafíos futuros que entre otras cosas, ha contemplado el reuso de las aguas servidas, la redefinición de su rol de productor de agua en ámbitos que van allá del suministro para consumo, la utilización intensiva de tecnología y la participación de capitales privados en su gestión.

## **GESTION Y CONSERVACION DE RECURSOS HIDRICOS EN MINERA ESCONDIDA LIMITADA**

Stephen Foot  
Empresa Minera Escondida

### **ABSTRACT**

The conservation of water resources is of fundamental importance in the management of Minera Escondida Limitada (MEL), owing to its location in a desert zone, its incidence on the operating costs and the value it adds to the mineral resource.

In the seminar "Gestion de recursos hidricos en zonas aridas", August 1995, in the Universidad Catolica del Norte, MEL presented the paper "Gestion y Conservacion de Recursos Hidricos en Minera Escondida", July 1995.

This work is a follow up to the previous paper with the primary objective to present the experience and results of the new tailings management system and demonstrate how improved tailings management has reduced the operational demand on new water from 1.1-1.2 cubic meters of water per tonne of treated ore (m<sup>3</sup>/tmt) to 0.78 m<sup>3</sup>/tmt.



## PLANIFICACION AGRICOLA Y ADMINISTRACION DEL AGUA EN EL MEDIO RURAL DE LA II REGION

Victor Valdés

Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Riego II Región.

### RESUMEN

#### Sistema embalse Río Loa

Areas agrícolas regadas por el embalse Conchi : Lasana, Chiu Chiu, Calama y Quillagua.

Superficie total con derechos de aprovechamiento de aguas: aproximadamente 1.200 Has.

Distribución de los derechos : Lasana y Chiu-Chiu , 27.800 m<sup>3</sup> / has / año

Calama, 28.700 m<sup>3</sup> / has / año

Quillagua, 32.900 m<sup>3</sup> /has /año

El embalse Conchi. asegura el, suministro de agua para las distintas zonas agrícolas de acuerdo a la tasa o derecho.

Inicialmente las zonas agrícolas sumaban un total de 1,500 has, con la venta de los derechos de agua a la minería y a la industria, la agricultura ha disminuído su superficie.

La dirección de riego ha desarrollado los últimos años el programa "Mejoramiento de la infraestructura de riego en el río Loa , II Región". que consiste básicamente en el revestimiento de canales, obras de distribución, unidades de control, entregas prediales, etc., de tal manera de mejorar la distribución de los derechos a cada uno de los usuarios y lograr el máximo aprovechamiento del recurso agua.

Este programa está llegando a su término en el año 1999, quedando concluida toda la infraestructura de riego de las zonas agrícolas de Lasana , Chiu-chiu y Calama, en el caso de Quillagua, esta zona agrícola tiene presentada una postulación a fondos regionales para el desarrollo de un estudio integral del área, incluyendo la factibilidad de una obra de regulación de temporada.

#### Sistema de regadío San Pedro

La zona agrícola se riega con los ríos San Pedro y Vilama, formada por pequeños sectores denominados ayillos, los ayillos regados por el río San Pedro son: cuchabrachi, catarpe, tambillo, el naranjo, huachar, bellavista, suchor, quitor., condeduque, larache, sequitor, yaye, checar solcor, solor, coyo y cucuter . El río Vilama riega los ayillos de guatín., vilama, poconche, beter y tular.

La superficie total regada por ambos ríos es de aproximadamente 2,000 has, de las cuales unas 350 has son regadas por el río vilama y el resto por el río San Pedro.

El año 1994 la dirección de riego contrató el estudio " manejo experimental de la cuenca del río San Pedro de Atacama, II Región", el cual dentro de sus conclusiones finales recomienda mejorar la actual infraestructura e incorporar obras complementarias. tales como embalses de

regulación de temporada ( uno en cada río), estanques de regulación nocturna, obras de desalinización., obras de distribución y conservación de, las obras existentes.

La dirección Regional de Riego tiene presentadas un total de 13 proyectos para el revestimiento de los canales: secundarios del sistema de regadío, los cuales están postulando a fondos regionales en la actualidad los ayillos de cucuter, solor:: y solcor, tiene,n sus canales secundarios revestidos en albañilerja de piedra.

Durante el presente año la Dirección de Riego, desarrollará el estudio de "factibilidad y diseño del embalse coyil y guatin , II Región" . El próximo año, 1998, se tiene programado iniciar la construcción del embalse coyil,

Con todas estas obras, se logrará un mejor aprovechamiento de los recursos agua y suelo, recuperando gran parte de la zona agrícola y las pérdidas por conducción y el agua de invierno, que en la actualidad se pierde en el Salar de Atacama,

**ESPACIO DEDICADO A LOS AGRICULTORES PARA INTERVENCIONES Y  
MOCIONES.**

Sra Liliana Cortés , Jefe Oficina Asuntos Indígenas, CONADI II Región  
Porfirio Vega, Jefe Junta de Regantes , Quillagua  
Hernesto Cruz , Jefe Junta de Regantes , Calama  
y otros.....

## **ESCENARIOS FUTUROS DE LA GESTION DE LOS RECURSOS HIDRICO EN AMERICA LATINA: ESTRATEGIA Y POLITICA DEL PHI DE UNESCO**

**Carlos A. Fernández-Jáuregui** Hidrólogo Regional Programa Hidrológico Internacional  
UNESCO-Montevideo

Casilla 859, 11000 Montevideo, Uruguay Fax (598-2)772140

Correo electrónico: UHCFJ@UNESCO.ORG.UY

### **RESUMEN**

América Latina lleva a cabo una serie de esfuerzos para conocer su disponibilidad de recursos hídricos en base a balances hídricos superficiales y mapas hidrogeológicos, así como de otros aspectos vinculados a las ciencias del agua que permiten desarrollar una serie de bases de datos utilizando un enfoque holístico, los cuales generen escenarios futuros sobre la gestión de los recursos hídricos en la región.

El modelo utilizado se basó en el principio del Globesight desarrollado por el Prof. M. Mesarovic (USA) y el apoyo de UNESCO. Esta generación de escenarios aplicado a la región fue realizado por el PHI de LAC y permite analizar como la región, en base a una política y estrategia, podría lograr un desarrollo que permita mejorar la calidad de vida en forma sustentable en el largo plazo, basado en el agua como factor de desarrollo.

# CREACION DE UNA CORPORACION DE CUENCAS ALTERNATIVA PARA UNA MEJOR ADMINISTRACION DEL AGUA

François Esteulle

Coyne Et Bellier Bureau d'Ingénieurs conseils , EUROPAC Ltda.

## RESUMEN

### 1. INTRODUCCION

La diversidad de problemas relativos a la administración del recurso Agua conduce a plantearse el análisis y posterior implementación de formas de organización más participativas para la gestión del agua y sus problemas asociados, los cuales otorguen al concepto de cuencas, la debida relevancia como unidad de estudio y operación.

Este tipo de organización existe en varios países europeos (Francia, España, Alemania, Inglaterra, etc.), en los Estados Unidos y han sido promovidos objeto de estudios específicos en algunos países de América Latina (Venezuela, Brasil, México, Chile, etc.).

Dentro del marco de la Política Nacional de Aguas y como parte de su desarrollo, los Gobiernos han venido adelantando una serie de iniciativas para su materialización dentro de las cuales merecen especial atención los proyectos de inversión para estudios sobre Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas.

Como etapa inicial es necesario escoger una cuenca piloto para desarrollar una metodología que permita analizar la creación y funcionamiento de una Corporación de Cuenca, junto con su política de financiamiento y las características del mercado del agua.

La definición de la línea base en la cuenca que permita conocer el estado actual del recurso agua y de los recursos ambientales en general, sus tendencias, evolución y demandas cualitativas y cuantitativas, incluyendo la definición de un sistema de información con fines de gestión, y la elaboración de un **Plan Director Preliminar** que contenga las medidas y proyectos prioritarios para superar los conflictos existentes.

### 2. LA ADMINISTRACION DEL RECURSO AGUA.

El desarrollo del estudio piloto debe necesariamente incluir una síntesis de los aspectos más relevantes relacionados con la situación actual de la administración del recurso agua en el país, con especial referencia a la cuenca estudiada, incluyendo la identificación y caracterización de los principales actores, tanto públicos como privados, con injerencia en el área, y de los instrumentos legales que sirven de marco jurídico a dicha gestión.

En relación con la administración de recurso agua se distinguen dos aspectos: uno relacionado con el suministro y asignación del recurso (organismo encargado de su gestión), y el otro con la administración de la demanda a nivel de usuarios, quienes pueden organizarse a través de Asociaciones de Usuarios.

Por otra parte, se necesita analizar de manera detallada la legislación relacionada con los recursos hídricos, especialmente respecto del uso del agua (normas para usos industriales, agrícolas, comerciales, de riego, consumo humano), normas de calidad, normas relacionadas con las aguas marinas y aguas servidas, regulaciones y procedimientos para autorizaciones y permisos.

Este análisis deberá poner en evidencia las eventuales interferencias y sobreposiciones de atribuciones legalmente conferidas a los organismos públicos en esta materia, lo que en general dificulta una clara interpretación de la normativa y definición de los procesos autorizatorios y fiscalizadores, así como una dispersión de los esfuerzos y dilución de responsabilidades entre distintas instituciones y organismos, y la centralización del poder y de la toma de decisiones.

### **3.- LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL MAS RELEVANTE.**

El análisis de las experiencias internacionales en materia de gestión de aguas (incluyendo formas de organización y sistemas tarifarios) es de suma importancia. Algunas de ellas, como la francesa con más de 25 años de implementación y con resultados realmente exitosos en los logros, objetivos y metas alcanzados. Otras, como la experiencia mexicana y la venezolana en plena consolidación, y más recientemente la brasileña, país en el cual se está avanzando aceleradamente hacia la materialización de un sistema de gestión ambiental por cuencas. Últimamente la experiencia chilena a nivel de desarrollo del estudio piloto.

Cada uno de estos sistemas de gestión presenta características particulares y distintivas, lo cual es lógico esperar por cuanto las realidades sociales, políticas, económicas y los marcos jurídicos son completamente diferentes en cada caso. Sin embargo, en el desarrollo de todos estos sistemas, destaca la coincidencia en varios aspectos relevantes. En primer lugar, surgen como respuesta a una situación de grave deterioro de medio ambiente en general y de los recursos hídricos en particular y de la limitada capacidad de respuesta de los organismos públicos competentes que condujo a una ineficacia en las acciones del Estado para abordar dicha situación. En segundo lugar, el problema se abordó considerando la cuenca como la base territorial de gestión. Finalmente la aplicación, bajo distintas modalidades, del principio usuario/contaminador/pagador para la obtención de los medios económicos y la incorporación directa y activa de todos los usuarios o de la mayor cantidad posible de ellos, en el proceso de gestión.

### **4. ALGUNAS PREGUNTAS CLAVES Y OBJETIVOS.**

A título de ejemplo se presenta a continuación algunas preguntas que permitirán conducir el desarrollo del estudio piloto.

¿Por qué un proyecto para el desarrollo de un Sistema de gestión del recurso agua para la cuenca?

¿Cómo lograr una organización más eficiente?

¿Cuál es el esquema de actuación de la Corporación de Cuenca que se propone?

¿Cuáles son los objetivos de esta Corporación de Cuenca?

¿Cómo se concentra la participación de los diferentes actores dentro de la Corporación?

¿Cuáles son los ámbitos específicos de actuación de la Corporación para el logro de los objetivos?

¿Cómo enfrenta la Corporación financieramente las soluciones?

¿De dónde provienen los recursos financieros de la Corporación?

¿Cuáles son los requerimientos para la puesta en marcha de la Corporación de Cuenca?

## **SISTEMAS DE INFORMACION DE RECURSOS HIDRICOS DGA**

Tatiana Cuevas Ing.

Jefe Centro de información de Recursos Hídricos. DGA .

Verónica Pozo T.

Geog. Jefe Unidad SIG. Depto. Estudios y Planificación. DGA

### **RESUMEN**

La Dirección General de Aguas dentro de las funciones que le confiere el Código de Aguas se encuentra la relativa a la entrega y difusión de información relativa al recurso agua, en este marco la DGA ha desarrollado históricamente diversos sistemas para el manejo de sus bases de datos hidrológicos, catastros de usuarios, etc.

En un escenario de creciente demanda por información por parte de usuarios del recurso y la necesidad de disponer de herramientas para el apoyo en la gestión, la DGA ha diseñado y desarrollado un sistema de información para la gestión integrada de la información de recursos hídricos.

El sistema permite el manejo coordinado de: a) Banco Nacional de Aguas, base de datos hidrológicos; b) Sistema de Catastro Público de Aguas, que contiene información sobre usuarios, derechos de aprovechamiento, jurisprudencia; c) SIG, que permite aplicaciones específicas y proporcionar la base espacial para el manejo de la información hídrica, d) Sistema de manejo de documentación.

El sistema contempla en su diseño actualizar las salidas del BNA, incorporando en los informes información adicional de nuevos parámetros, así como también el manejo del sistema CPA en lo referente a la tramitación de expedientes de modo de otorgar mayor potencialidad como herramienta de gestión. Por su parte se incorporan dentro del sistema la componente de manejo de documentación a través de aplicaciones específicas que permiten su manejo en forma más expedita.

En otro orden de ideas, dentro de este marco general, la Dirección General de Aguas ha desarrollado aplicaciones SIG relacionadas con distintos aspectos del quehacer institucional, entre ellas puede señalarse, aplicaciones para manejo específico de áreas de exploración, levantamiento de información relativa a hidrografía, redes hidrométricas e hidrogeología que se constituye en un elemento de base para el manejo en la evaluación y análisis de la información hídrica a nivel nacional. Dicha información es utilizada directamente por la DGA para abordar sus tareas específicas, constituyéndose además en un soporte o plataforma para el desarrollo del sistema de información integrado que se encuentra desarrollando este Servicio,

## **CAUDALES DE DISEÑO USANDO UN SIG Y EL MODELO DEL SCS**

**Edgar Montenegro Terrazas.**  
Laboratorio de Hidráulica UMSS  
Coordinador CRISCOS-UMSS P.O. Box 5185 BOLIVIA  
FAX: (+42)-26751 . Email: Lhpromic@llajta.nrc.bolnet.bo .

### **POSTER**

#### **RESUMEN**

Mapas digitales de vegetación, uso y tipo de suelo de la cuenca montañosa TQA-2, son utilizados en la definición de índices CN, que permiten estimar la precipitación efectiva, que a su vez se transforma en caudal con el método del Hidrograma Unitario Triangular del SCS.

El uso de un sistema de información geográfico, para la sobreposición de la información temática del terreno, junto con la disponibilidad de mediciones de eventos de lluvia y caudal en la cuenca del estudio, permitieron "ajustar" una matriz de asignación de CN's que puede ser usada como referencia para determinar este índice en cuencas no aforadas que cuenten con datos de vegetación uso y tipo de suelo.



# **PERSPECTIVAS DEL ESTUDIO Y GESTION DEL RECURSO HIDRICO EN LA UCN**

Jorge Araya V., Universidad Catolica del Norte.

Avda. Angamos 0610, Antofagasta, Chile.

Fax: (56) (55) 24 00 24 - E-mail: jaraya@socompa.cecun.ucn.cl

## **RESUMEN**

En el Marco del Convenio UCN-ORSTOM, el Grupo UNIRHI ( Unidad de Investigación de Recursos Hídricos) se abocó, en una primera etapa, al estudio de la Hoya del Río Salado, con objeto de establecer un método de trabajo adecuado a las condiciones zonales y que pudiera ser también validado para otras hoyas de la Región. Posteriormente, se establecieron tres programas de investigación para abordar problemáticas regionales importantes relacionadas con la disponibilidad y calidad del recurso hídrico:

- 1.- Hoya superior del Río Loa.
- 2.- Hoya del Río Zapaleri.
- 3.- El Desierto, el Hombre y el Agua.

A la fecha, se ha consolidado ya una actividad periódica y sistemática de terreno en zonas de difícil accesibilidad geográfica y climática, lo cual ha permitido definir una metodología básica apropiada de estudios hidroclimáticos y obtener registros permanentes en puntos claves. Todo esto, se traduce en un significativo conocimiento de la realidad regional en relación a los recursos hídricos y con una amplia base de datos hidroclimáticos e hidrofluviométricos. Esto último se ha tomado como base para iniciar el análisis y tratamiento de los datos, con miras a la interpretación de ellos en términos de caracterización climática de la zona y cuantificación y dinámica de los recursos hídricos.

Los esfuerzos futuros, en el marco de acción de UNIRHI, se orientan, preferentemente, a las siguientes actividades:

- 1.- Continuar sistemáticamente con las mediciones hidrometeorológicas e hidrofluviométricas en la Hoya del Río Zapaleri, en la zona del Alto Loa y, eventualmente, en otras zonas de interés.
- 2.- Mantener y actualizar permanentemente el Sistema de Información Geográfica implementado nuclearmente en torno a los recursos hídricos.
- 3.- Continuar con el estudio de la dinámica de la generación, constitución y transporte del recurso hídrico en la II Región.
- 4.- Iniciar labores de modelamiento global y de componentes hidrológicas en cuencas altiplánicas de la II Región.
- 5.- Iniciar el estudio de la relación ambiente-recurso hídrico en las zonas de interés.

Sin perjuicio de lo anterior, y con la finalidad de sistematizar una acción más integral y decidida en el campo de los recursos hídricos, dada la importancia del tema y los ribetes dramáticos que está adquiriendo en nuestra zona, la Universidad Católica del Norte ha elaborado un proyecto de creación de un Instituto Regional de Recursos Hídricos en Zonas Áridas. Tal iniciativa, fundada en la acción que por años han mantenido en dicho campo algunos académicos, está orientada a crear una estructura orgánico-constitucional con miras al desarrollo de la investigación y docencia en el tema del recurso hídrico en zonas áridas.

El objetivo principal del Instituto será suministrar a las entidades de planificación y decisión, así como a los usuarios en general, la integridad de la información referente al recurso hídrico, como elemento básico para ser utilizado en la elaboración de estrategias de desarrollo regional armónicas.

En este contexto, al Instituto le corresponderá llevar a cabo actividades vinculadas con la identificación, evaluación, monitoreo y conservación del agua, así como la obtención del recurso por métodos no tradicionales. Para cumplir eficientemente con tales propósitos, el Instituto mantendrá una estrecha y permanente colaboración con las entidades públicas y privadas que laboran en el tema, así como también con organismos e instituciones extranjeras correspondientes.

Además, es imprescindible una total integridad en el manejo de la información. El código deontológico y condición de Casa de Estudios Superiores de la Universidad Católica del Norte, libre de toda dependencia exterior, constituye la mejor garantía para asegurar este requisito de objetividad.

## **S.A.G.A.R.A. : “SISTEMA DE AYUDA A LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA”**

Marc Alary, CSN de ORSTOM,  
Rue de la Mouline, n°227, 82100 Castelsarrasin, Francia  
Pourrut Pierre, Ingeniero Hidrólogo ORSTOM  
Ecluse du Fossat, 48700 Soturac, Francia  
PATOUX Jérôme, CSN de ORSTOM

### **RESUMEN**

La caracterización de los recursos de agua en la IIª Región de Antofagasta, tanto en sus aspectos de oferta y potencialidades como en aquellos de utilización multisectorial actual o futura, abarca una muy voluminosa información que contempla datos extremadamente diversos, sean ellos numéricos o cartográficos.

Una primera labor fundamental, efectuada por el grupo de investigación chileno-francés UNIHRI (convenio UCN-ORSTOM), entre 1991 y 1995, fue la obtención de datos confiables a partir de una información previa de calidad muy irregular. En algunos aspectos era buena y en otros errática y hasta contradictoria, necesitándose entonces una pormenorizada crítica. Algunas veces se veía muy densa y otras veces totalmente carente en amplias superficies, requiriéndose en este caso la generación de nueva información.

Una vez realizada tan importante labor, 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.

Aún más, cuando se sabe que las metas fijadas para que la IIª Región alcance un desarrollo económico sustentable están fuertemente dependientes de los recursos hídricos (en cuanto a localización, utilización actual, cantidad aprovechable, calidad físico-química y uso a futuro), era evidente que la información generada por UNIRHI, a pesar de toda su valor científico, no constituía una herramienta adecuada. En especial, en el caso de 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.), ella no permitía tener una visión sintética clara de las características, potencialidades o conflictos de uso.

Se hacía entonces necesario encontrar otra fórmula, que permitiera la optimización de la utilización del agua por parte de los planificadores, en particular 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. Dichas reflexiones llevaron a considerar la creación de un sistema dinámico que permitiera visualizar, en forma rápida y sencilla, los distintos parámetros de un problema determinado en una zona cualquiera de la Región. Este sistema debía ser capaz de responder las preguntas científicas planteadas por los académicos y profesionales y, a la vez, prestar ayuda a los responsables de la planificación regional en la toma de decisiones a distintos plazos. Con tal propósito, desde 1995, se está implementando un Sistema de Información Geográfica fundamentado en distintos bancos de datos monotemáticos. Permite cruzar entre

si y superponer los diferentes tipos de información, definida en tablas o listas, restituyéndola bajo la forma de mapas pluritemáticos de fácil comprensión y manejo, a la escala deseada.

El SIG ha sido realizado en el ambiente informático del software *ARCINFO* mediante su instalación en una potente estación de trabajo *Silicon Graphics*, lo que permite el procesamiento, la organización, 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. La estructura del SIG se describe a continuación :

⇒ el directorio "Sudamérica" contiene un cierto número de elementos generales relacionados con el continente, en particular un Modelo Numérico de Terreno, red de mallas que muestra las variaciones de la topografía.

⇒ el directorio "IIª Region" comporta la mayor cantidad posible de parámetros cuantitativos, elementos cualitativos y, cuando es factible, la evolución con el tiempo de las variables.

Además de un mapa que sirve de referencia básica para la colocación de la información requerida por el usuario, este directorio 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.

⇒ un tercer directorio "Imagsat" presenta una serie de imágenes satelitales SPOT que, mediante un tratamiento por el software ERDAS, destaca las características geomorfológicas consideradas como índice de existencia o ausencia de aguas.

Un ejemplo práctico, con proyección a gran escala de la pantalla de la estación de trabajo, demuestra como, a partir de diferentes tipos de datos (cada uno de ellos con su mapa, su tabla o la lista que describe sus características), es posible realizar una muy amplia gama de combinaciones hasta obtener fácilmente y rápidamente una información coherente.

# AUSPICIAN



**MINISTÈRE FRANÇAIS DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES**  
Délégation Régionale de Coopération Scientifique et Technique  
DRCST Côte Sud, Santiago / DRCST, Caracas