



REVISTA de la SOCIEDAD CHILENA de INGENIERIA HIDRAULICA

VOLUMEN 10 NUMERO 2 DICIEMBRE 1995 I.S.S.N 0716-3746



Revista de la
**Sociedad Chilena de
Ingeniería Hidráulica**

Revista de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica

ISSN 0716-3746

Volumen 10 N°2

Diciembre 1995

DIRECTORIO

PRESIDENTE

Bonifacio Fernández Larrañaga

SECRETARIO

Enrique Alvarez Hernández

DIRECTORES

HONORARIOS

Luis Durán del Canto

Carlos Salazar Méndez

Ernesto Brown Fernández

Jorge Bravo Soissa

Rodrigo Caro Cordero

COMITÉ EDITOR

DE LA REVISTA

Luis Arrau del Canto

Guillermo Cabrera Fajardo

Alejandro López Alvarado

Alberto Sepúlveda Vera

DOMICILIO

San Martín 352 (Sede del Instituto
de Ingenieros de Chile), Santiago

Foto portada: Bernardo Domínguez

Diseño y Edición: Reditext Ltda.

Fono Fax: 238 7296

Impreso en: LOM Ediciones Ltda.

Se permite el uso y reproducción del contenido
de la Revista, con fines no comerciales, siempre
que se cite su origen.

CONTENIDO

EDITORIAL	5
XII CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA (Luis E. Estellé)	6
“UN REFLEJO DE NUESTRA VITALIDAD” (Bonifacio Fernández)	14
DESAFÍOS DE LA HIDRÁULICA CHILENA EN EL SIGLO XXI (Eduardo Varas)	18
LA HIDRÁULICA MARÍTIMA, DESAFÍO PARA CHILE (Salvador Tarodo)	27
PREMIO NACIONAL DE HIDRÁULICA OTORGADO A RENÉ GARREAUD S. (Ernesto Brown)	31
IMPACTO DE LOS FENÓMENOS EL NIÑO Y LA NIÑA EN REGÍMENES FLUVIOMÉTRICOS ANDINOS (Patricio Aceituno y René Garreaud)	33
EMBALSE SANTA JUANA	44
PÁGINA HISTÓRICA	46

En noviembre pasado, se celebró el XII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, siendo el primero que se denomina *chileno*, en vez de *nacional*, como lo fueron los anteriores.

Cabe destacar que al asumir esta denominación, el Congreso extendió su interés más allá de nuestras fronteras, y es así como se contó con valiosas colaboraciones y destacada participación de ingenieros extranjeros.

Como ya es tradicional, durante el Congreso se otorgó el Premio Nacional de Hidráulica, el cual recayó en esta ocasión en el ingeniero civil, señor René Garreaud Salazar, egresado de la Universidad de Chile. En su homenaje, junto con publicar la presentación que de él se hiciere durante la premiación, el Comité Editor ha querido dar a conocer a los lectores de la Revista, uno de sus trabajos.

En otro plano, deseamos informar que, buscando fortalecer la Revista como expresión de nuestra Sociedad, se ha decidido renovar el Comité Editor, invitando a formar parte de él a ingenieros jóvenes que, sin duda, aportarán, además de su capacidad, una buena cuota de entusiasmo y creatividad.

XII CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

Ing. Luis E. Estellé A.

Secretario Ejecutivo Comité Organizador

A comienzos del año 1995, la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica, SOCHID, encomendó al *Instituto Nacional de Hidráulica de Chile* la organización del XII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. El Congreso se realizó en Santiago, los días 8, 9 y 10 de noviembre de 1995, en las dependencias del Colegio de Ingenieros de Chile A.G. Su objetivo fue establecer una tribuna nacional y regional para el intercambio de experiencias en la investigación, estudios y aplicaciones vinculadas con el tema del agua. Por esta razón se invitó a los interesados en el amplio campo de la ingeniería hidráulica, tanto de Chile como del extranjero, a enviar sus trabajos y exponerlos de manera que la comunidad hidráulica nacional pudiera beneficiarse con su presentación y discusión.

El lema elegido para el Congreso, "*La Hidráulica Marítima, desafío para Chile*", refleja la preocupación de la SOCHID respecto del impulso que

disciplinas como la Hidráulica Marítima e Ingeniería de Costas deben recibir en Chile, ya que desafortunadamente, en nuestro país existen pocos profesionales especialistas dedicados a este campo y existe poco desarrollo respecto de estudios e investigación en el tema.

En la ceremonia inaugural, que contó con la presencia de autoridades nacionales, hicieron uso de la palabra el Presidente del Comité Organizador, Ingeniero Sr. Salvador Tarodo E. y el Presidente de la SOCHID, Dr. Ingeniero Sr. Bonifacio Fernández L.

El desarrollo del Congreso se realizó en ocho sesiones de trabajo, durante las cuales se expusieron 35 de los 39 temas presentados al Congreso. Es necesario destacar que en esta ocasión, por primera vez, se recibieron contribuciones de colegas extranjeros de países amigos, como Argentina, Brasil, Perú e Italia. Todos los trabajos presentados resultaron de gran interés para los asistentes,

profesionales pertenecientes a distintas universidades, servicios públicos, empresas públicas y privadas, consultores y alumnos de diferentes universidades. Las exposiciones fueron apoyadas con modernos medios audiovisuales que permitieron efectuar presentaciones amenas, seguidas de interesantes debates y comentarios.

La distribución por áreas temáticas de los trabajos presentados fue la siguiente:

- Mecánica de Fluidos e	
Hidráulica Fundamental:	4
- Hidrología Superficial y	
Subterránea:	14
- Hidráulica Fluvial y Marítima:	14
- Hidráulica Aplicada al Diseño	
de Obras:	3
- Impacto Ambiental de Obras	
Hidráulicas:	3
- Transporte Hidráulico de Sólidos:	1

Durante el Congreso se desarrollaron además dos Conferencias Técnicas. La primera, "Desafío de la Hidráulica Chilena en el Siglo XXI", por Eduardo Varas Castellón, Dr. Ingeniero, profesor de la Pontificia Universidad Católica de Chile. En esta conferencia, apoyada con hermosas diapositivas de nuestro país, el expositor se refirió al destacado papel que le correspondió desarrollar a Chile durante la primera mitad del siglo XX en la hidráulica latinoamericana, debido a las contribuciones personales de Ramón Salas y Francisco Javier Domínguez, presentándose además las actuales áreas temáticas de principal preocupación nacional. La segunda conferencia, "Sistemas de Gestión Ambiental", fue desarrollada por José Rodrigues Vieira, Gerente Regional del Centro de Hidroinformática del Instituto Hidráulico de Dinamarca y Asesor del Instituto para Ciencias y

Tecnología del Mar de Portugal. En esta conferencia, el expositor mostró las ventajas del uso de modelos matemáticos en hidráulica y medio ambiente, presentando, en forma dinámica, resultados de sofisticados softwares aplicados para estudiar problemas de circulación y sedimentación en Portugal, Italia y Dinamarca.

En la ceremonia de clausura del Congreso se procedió a hacer entrega del Premio Nacional de Hidráulica al ingeniero titulado, con las mejores calificaciones, en los dos últimos años previos al Congreso y que, a juicio de la Comisión nominada por el Directorio de la SOCHID para seleccionar al candidato, fuera merecedor de esta alta distinción. En esta oportunidad, el seleccionado por sus méritos académicos y su contribución a las ciencias meteorológicas fue el ingeniero de la Universidad de Chile, Sr. René Garreaud Salazar, quien por no encontrarse en el país, delegó el alto honor de recibir este reconocimiento en su señora madre.

Participaron en el Congreso 169 personas, distribuidas en 95 profesionales y 74 estudiantes. Junto con el enriquecimiento profesional logrado durante el desarrollo del evento, se tuvo oportunidad para departir con colegas y estudiantes en actividades sociales y culturales, entre las que destacan la función del Planetario de la Universidad de Santiago y la cena de clausura en el Hotel Antofagasta. También fue muy interesante y amena la visita técnica al Laboratorio de Peñaflor, del Instituto Nacional de Hidráulica, lugar que resultó propicio para compartir un agradable almuerzo campestre con los asistentes.

Las memorias del Congreso, se imprimieron en dos volúmenes que contienen 39 trabajos. Estos trabajos fueron revisados y aceptados para su publicación y presentación por el Comité Revisor.

Sin embargo, las opiniones y conceptos emitidos en los mismos son de exclusiva responsabilidad de sus autores. A partir de esta edición, las memorias de los Congresos Chilenos de Ingeniería Hidráulica, tendrán el carácter de publicación periódica de frecuencia bianual y se publicarán bajo el título de "*Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica*" con número ISSN 0717-2052.

Es necesario recordar que el Congreso contó con el patrocinio del Ministerio de Obras Públicas, de la Universidad de Chile, de la Universidad Católica de Chile, de la Universidad de Santiago de Chile, de la Universidad Austral de Valdivia, del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada y de la Empresa Portuaria de Chile, además del gen-

til auspicio del Colegio de Ingenieros de Chile A.G., de la Minera Escondida Ltda., de la Empresa Hidroeléctrica Aconcagua, de la Empresa Portuaria de Chile y de Bridgestone Chile. A todas estas entidades, los agradecimientos sinceros de la SOCHID y del Comité Organizador.

Finalmente, a nombre de la SOCHID, del Instituto Nacional de Hidráulica y del mío propio, tengo el agrado de hacer presente, a todos los que gentilmente colaboraron en la organización y posterior desarrollo del XII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica, nuestros sinceros agradecimientos y nos comprometemos desde ya para retribuir esta muestra de afecto y confianza, apoyando a la Universidad de Santiago de Chile en la organización del próximo Congreso que se desarrollará, Dios mediante, el año 1997.

Trabajos presentados para el XII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica

MECÁNICA DE FLUIDOS

- 1) Implementación de un Modelo para estudiar el Comportamiento Hidráulico del Río Bío-Bío ante Maniobras de Toma y Rechazo de Carga de la Central Pangue**

Empresa Eléctrica Pangue S.A.

Fernando Harambour
Julio Montero

- 2) Flujo Libre en una Canalización con Obstáculos Repetidos**
Hidrelec Ltda.

Sergio Radrigán

- 3) Estructuras Turbulentas de Flujos en Canales Abiertos con Números de Reynolds Bajos. Parte I**

Universidad de Chile

Aldo Tamburrino
Juan Espinoza

- 4) **Estructuras Turbulentas de Flujos en Canales Abiertos con Números de Reynolds Bajos. Parte II**
Universidad de Chile
Aldo Tamburrino
Juan Espinoza

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

- 5) **Simulación del Transporte de Nitrato a través de un Suelo Cultivado**
P. Universidad Católica de Chile
Carlos Bonilla
José Muñoz
- 6) **Regresión Dinámica entre Caudales y Precipitaciones Mensuales en Cuencas Nivo-Pluviales**
P. Universidad Católica de Chile
Bonifacio Fernández
Gonzalo Pizarro
- 7) **Estimación Regional de Recursos Hídricos en Cuencas Nivo-Pluviales**
P. Universidad Católica de Chile
Bonifacio Fernández
Gustavo Pizarro
- 8) **Modelo Matemático para la Predicción de Crecidas en Tiempo Real: Aplicación al Río Bío Bío**
Universidad de Concepción - Centro EULA
Andrés López
Andrea Nardini
René Ruiz
Sergio Quijada
- 9) **Modelo Dinámico del Sistema Antrópico ante Decisiones de Alerta en Eventos de Crecidas. Planteamiento Conceptual**
Universidad de Concepción - Centro EULA
Andrea Nardini
Andrés López
Andrea Rodríguez
- 10) **Modelo Dinámico del Sistema Antrópico ante Decisiones de Alerta en Eventos de Crecida. Experimentación en el Río Bío Bío**
Universidad de Concepción - Centro EULA
Andrés López
Andrea Nardini
Andrea Rodríguez
Javier Vidal
- 11) **Planteamiento de un Modelo Matemático para la Predicción de Crecidas en Tiempo Real en Río Bío Bío**
Universidad de Concepción - Centro EULA
Andrea Nardini
Andrés López

- 12) Método Generalizado para Estimación de Ondas de Crecidas**
 Universidad Técnica F. Sta. María Milo Millán
 Ludwig Stowhas
- 13) Determinación Preliminar del Efecto Regulador de Embalses**
 Universidad Técnica F. Sta. María Milo Millán
 Ludwig Stowhas
- 14) Estudios de Tendencias de los Caudales en Ríos Argentinos**
 CIBIOM - CONICET (Argentina) R. M. Quintela
 O. E. Scarpati
 L. Spescha
- 15) Calibración y Validación de un Modelo de Transporte de Dos Solutos Interactivos en Masas de Relaves**
 P. Universidad Católica de Chile Pablo Rengifo
 José Muñoz
- 16) Análisis de la Incertidumbre y Estimación de Parámetros en un Modelo de Hidrograma Unitario Instantáneo**
 CONICET (Argentina) Rafael Seoane
 Alejandra Vornetti
 Mónica Gelmi
- 17) Distribuciones Regionales para Frecuencias de Crecidas**
 P. Universidad Católica de Chile Eduardo Varas
- 18) Caudales Máximos Asociados a Eventos Aluvionales en Cuencas del Piedemonte de Santiago**
 Universidad de Chile Ximena Vargas
 Paula Lara

HIDRÁULICA FLUVIAL

- 19) Rastreo de Crecidas en el Bajo Bío Bío. Aplicación a Problemas de Inundación**
 Universidad de Concepción Víctor Aros
 José Vargas
 Mario Condemarín
- 20) Influencia en la Marea en el Río Bío Bío**
 Universidad de Concepción Víctor Aros
 M. Cristina Bravo

- 21) **Estudios de las Descargas al Mar de los Desagües Pluviales de Santa Teresita - Pcia. de Buenos Aires - Argentina**
 Universidad Nacional de La Plata (Argentina) Amarilla R.
 Schmidt S.
 Dias R.
 Cecotti R.
- 22) **Factores Hidráulicos y Mecánicos Fluviales Condicionantes del Control Hidrométrico en Ríos de Montaña. Casos de los Ríos Mapoco y Maipo**
 Universidad de Chile Luis Ayala
 Alejandro López
 Paula Marín
 Raúl Tapia
- 23) **Simulación de Crecidas de Detritos Hidrometeorológicas en un Lecho Erosionable**
 Universidad de Chile Luis Ayala
 Ernesto Solís
- 24) **Acciones Hidrodinámicas sobre la Coronación de un Tipo de Dique Sumergido**
 Depto. Ing. Hidr. y Amb. G. Ippolito- Edoardo Benassai
 ESTRAMED, Italia Giuseppe Paoletta
- 25) **Modificaciones en la Línea de Costa por Implantación de Espigones en la Playa de Pirambú - Fortaleza**
 UFC Centro de Tecnología (Brasil) Erasmo da Silva P.
 Luis A. de Almeida V.
- 26) **Influencia del Método de Cálculo de Transporte de Sólidos en la Modelación Morfológica Cuasi-Bidimensional**
 U. Católica de Chile-INH Bernardo Domínguez
 Luis Estellé A.
 Ricardo Cortez
- 27) **Modelo Numérico Fluvial Morfológico Implícito. Bases Teórico-Prácticas**
 U. Católica de Chile-INH Luis Estellé A.
 Bernardo Domínguez
 Ricardo Cortez
 Danisa Castro
- 28) **Modelo Numérico Fluvial Morfológico Implícito. Aplicación y Comparación**
 U. Católica de Chile-INH Luis Estellé A.
 Bernardo Domínguez
 Ricardo Cortez
 Danisa Castro

- 29) **Aplicación del Modelo Matemático Litpack a la Playa de Llolleo**
 INH
 Luis Estellé A.
 Javier Vásquez A.
 Ricardo Cortez C.
- 30) **Estudio de Sobrepasso del Oleaje**
 INH
 Luis Estellé A.
 Javier Vásquez A.
- 31) **Un Modelo Matemático para Simulación de Esguerrimiento en Zonas Rurales, Semi- urbanizadas y Urbanizadas**
 U. Nacional de Rosario (Argentina)
 Gerardo A. Riccardi
 Erick de Zimmermann
 Ramiro Maurig
- 32) **Estudio de la Resistencia al Esguerrimiento en Ríos de Montaña**
 U. Gabriela Mistral - U. Técnica F.
 Santa María
 Alfonso Ugarte
 Rodolfo Méndez

HIDROLOGÍA APLICADA

- 33) **Análisis y Soluciones para las Roturas del Cuenco Amortiguador de la Presa Arroyito**
 LHA-INC y TH-INGENDESA
 Carlos M. Angelaccio
 Ricardo Riedel
 Jorge D. Bacchiega
 Héctor D. Barrionuevo
 Claudio Fattor
- 34) **Mejoramiento del Esguerrimiento en un Canal Colector Estrecho de un Evacuador de Crecidas**
 Universidad de Chile - Dirección de Riego,
 MOP
 Horacio Mery
 Oscar Pelochonneau
- 35) **Investigación del Fenómeno Vórtice tipo Herradura producido en la Zona próxima a un Pilar de la Bocatoma Chavimochic**
 Universidad de Piura (Perú)
 Jorge Reyes S.
 José Vásquez

IMPACTO AMBIENTAL

36) Modelación de Biorremediación de Aguas Subterráneas

P. Universidad Católica de Chile

Manuel Irrarrázaval

José Muñoz

37) Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental para Proyecto de Canales de Riego

Universidad Andrés Bello

Enrique Kalinski

Giorgio Magnani

38) Sobre la Influencia del Concepto Ambiental en el Diseño Hidráulico

INC y TH (Argentina)

Raúl Lopardo

Fabián Bombardelli

TRANSPORTE HIDRÁULICO DE SÓLIDOS

39) La Necesidad de actualizar la Normativa de Diseño de Colectores de Alcantarillado

Universidad de Santiago de Chile

Enrique Alvarez

Alejandro Arrieta

Discurso de Inauguración del XII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica

“UN REFLEJO DE NUESTRA VITALIDAD”

Ing. Bonifacio Fernández Larrañaga,
Presidente de la SOCHID.

La inauguración de este duodécimo Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica es motivo de especial alegría para la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. La Sociedad nació hace casi 25 años, y sus primeros esfuerzos se orientaron a la realización del primer Coloquio Nacional de Hidráulica, el año 1971. Estos coloquios, hoy día congresos, han sido, sin lugar a dudas, una de las principales actividades de la SOCHID. Así, aunque son bianuales, han pasado a ser una verdadera fiesta de cumpleaños, en la cual la comunidad de ingenieros hidráulicos se reúne para intercambiar experiencias y mostrar los resultados de sus investigaciones recientes. Además, el hecho de que antes de cumplir los 25 años de la SOCHID se esté realizando el duodécimo congreso bianual refleja que esta actividad ininterrumpida ha despertado y mantenido el interés de los ingenieros hidráulicos. El éxito de estos congresos depende de la suma de muchos esfuerzos, pero sin duda el principal de ellos es el de quienes escriben un artículo y están dispuestos a compartir sus hallazgos con generosidad. Esta vez existía el temor de

que la cantidad de colaboraciones disminuyera, ya que prácticamente por tercer año consecutivo se realiza un congreso de hidráulica en Chile, si se considera que el año pasado se intercaló en Santiago el decimosexto Congreso Latinoamericano de Hidráulica, en cuya organización y desarrollo la SOCHID tuvo una destacada participación. El hecho de que hoy nuevamente nos juntemos con dos volúmenes llenos de contribuciones en los diversos campos de la ingeniería hidráulica es un reflejo de la vitalidad de esta actividad.

En Chile, desde niños escuchamos que nos rodean especiales circunstancias geográficas. Tenemos al norte el desierto más seco del mundo, al sur, hielos eternos y lluvias permanentes, al este, las montañas más altas y al oeste, el extenso Océano Pacífico. Estas circunstancias son motivo de admiración y perplejidad para el común de los ciudadanos, pero para los ingenieros hidráulicos además ellas imponen especiales condiciones en todos los aspectos de su labor, al mismo tiempo que plantean enormes oportunidades de explorar nuevas ideas y son un constante desafío tecnológico.

Si observamos estas condiciones a lo largo del país, vemos que en esta transición entre un norte seco y un sur permanentemente lluvioso, el agua se convierte en un bien cada vez más escaso y valioso, aunque no hay que confundirse con estereotipos que la naturaleza se resiste a aceptar. Basta recordar los aluviones de hace algunos años en Antofagasta y las recientes sequías en la isla grande de Chiloé, para darse cuenta de que los problemas no son siempre de escasez en el norte y excesos en el sur. El desarrollo y la ocupación cada vez más amplia del territorio imponen nuevas necesidades de distinto origen, y cada vez son más quienes deben participar de los beneficios del agua o sufren los exabruptos del ciclo hidrológico. A nivel de cuencas, el agua puede ser un elemento aglutinador para lograr una gestión de los recursos naturales con una visión global de sus efectos, considerando la multiplicidad de fenómenos involucrados y ampliando nuestra perspectiva de la ingeniería con imaginación para aceptar nuevos desafíos, incorporar más opiniones y mayor participación en las decisiones, así como considerar en las investigaciones, estudios y proyectos situaciones cada vez más complejas que reflejen mejor la realidad. La gestión de los recursos hídricos es una tarea que durante los últimos años ha sido impactada por el notable avance tecnológico de las ciencias de la información. Hoy, prácticamente toda la información hidrológica de Chile, que se ha reunido pacientemente durante muchos años, se puede almacenar en unos pocos discos compactos. En las ciudades y zonas urbanas será necesario en el futuro próximo abordar definitivamente el problema de las aguas lluvias y las inundaciones, como una manera de enfrentar las disfuncionalidades que ellas provocan, y contribuir a mejorar la calidad de vida de una gran parte de la población urbana del país. Ello requerirá aceptar nuevos

desafíos técnicos, pero también estar dispuestos a trabajar con equipos más interdisciplinarios, incorporando aspectos urbanos, ambientales, paisajísticos y sociales.

Si nos movemos a lo ancho del país, es fácil comprobar que entre la cordillera y el mar nos hemos quedado cómodamente instalados en el medio, observando de lejos, y sólo cuando ha sido estrictamente necesario, estos dos ambientes de nuestra geografía. A este duodécimo Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica los organizadores le han querido asociar el lema "La Hidráulica Marítima. Un desafío para Chile", y hemos tenido oportunidad de apreciar una atractiva ola en los boletines y en el afiche relacionados con este congreso. Este desafío nos advierte de la necesidad de estar atentos a las oportunidades que se abren hacia el Pacífico. Para la hidráulica significa dejar de considerar el mar sólo como una condición de borde de aguas abajo de los ríos del valle central, e incorporarlo como un ambiente propio de estudio y nuevos desafíos. Sabemos que Chile debe mejorar y ampliar sus condiciones portuarias para no imponer restricciones a su comercio exterior. Otros aspectos se relacionan con el saneamiento del litoral, el uso de la franja costera en zonas urbanas, así como el aprovechamiento para el turismo, deportes, recreación y esparcimiento de las costas y playas. Para la SOCHID, el desafío no está tanto en las obras o realizaciones concretas que haya que hacer en el futuro y en las cuales puedan involucrarse sus asociados, sino más bien en incorporar los intereses de la hidráulica marítima en sus quehaceres, acogiendo como una de sus preocupaciones las de quienes trabajan en estas áreas. Para ello es necesario interesar a las nuevas generaciones de ingenieros en los problemas y desafíos de la hidráulica marítima, discutir y compartir las preocupaciones y los problemas que ella propone, poner al mar

como un tema de reflexión al interior de la sociedad. Queremos abrir las puertas a las instituciones e ingenieros que han mantenido una preocupación constante por los temas del mar y la hidráulica marítima, como son el Instituto Nacional de Hidráulica, la Dirección de Obras Portuarias, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, para que se incorporen activamente a la SOCHID, que la aprovechen como un vehículo de difusión de sus actividades, un lugar de encuentro para intercambiar experiencias, hacer brotar ideas, activar el debate entre especialistas y estimular la vocación de las nuevas generaciones de ingenieros por los problemas del mar.

Como ven, la SOCHID tiene por delante varios desafíos. Me parece oportuno destacar dos adicionales a los ya mencionados que son válidos para todos los ámbitos en que se desarrollan las actividades de la Sociedad.

Uno es la incorporación de nuevas generaciones. La SOCHID se formó hace 25 años con el impulso de quienes fueron discípulos de don Francisco Javier Domínguez. Hace ya algunos años que don Pancho no está entre nosotros, y en estos 25 años se ha incorporado una nueva generación de hidráulicos a la sociedad, de manera que hoy en día muchos de los socios no fueron alumnos de don Pancho. Sin embargo, nuestra Sociedad se siente heredera de su gran entusiasmo por la hidráulica, entusiasmo que fue capaz de contagiar a muchos, de definir vocaciones y crear en torno a esta disciplina una especie de club. Por eso quiero invitar a los estudiantes de ingeniería que se sienten atraídos por la hidráulica, a que se sumen a las actividades de la Sociedad. No sólo para participar de las que hoy se realizan, sino para que la consideren como propia, en la cual puedan proponer nuevas iniciativas, impulsar sus sueños y esperanzas en nuevos proyectos y alentar

sus ilusiones de realización personal. Los invito a dedicar tiempo a estas tareas, para las cuales la urgencia de los temas inmediatos nunca dejan el espacio suficiente, y requieren siempre sacrificios adicionales, pero retribuyen con grandes satisfacciones.

El otro es la incorporación más activa de un grupo importante de ingenieros a los quehaceres de la Sociedad, como son quienes trabajan en empresas de proyectos y en la consultoría en general. No queremos que la SOCHID se transforme en un ambiente exclusivamente académico o institucional. A veces existe el malentendido temor de que los problemas que se abordan corresponden sólo a investigaciones alejadas de los proyectos reales, o que éstos son una mera aplicación de tecnologías conocidas y, por lo tanto, de menor interés. Todos los proyectos requieren reflexión, es en ellos en los cuales interesa influir, aportando la discusión de nuevas tecnologías y su difusión en la ingeniería nacional. Es a través de las realizaciones concretas como se despiertan nuevas vocaciones. La Sociedad realiza una serie de charlas técnicas durante el año en forma casi mensual, que pueden ser una excelente oportunidad para conversar sobre los proyectos y desafíos de la ingeniería nacional. La Revista que se publica hace diez años es otro elemento que queremos poner a disposición de la divulgación de las inquietudes de los ingenieros hidráulicos.

Aunque recién estamos empezando este congreso, quiero desde ya invitarlos a participar en el próximo, que se realizará en 1997 y cuya sede comunicaremos en la sesión de clausura del viernes. También quiero invitarlos para que participen el próximo año en la Jornada de Hidráulica Francisco Javier Domínguez, que se realiza cada dos años, intercalado con los congresos, y cuya cuarta versión se realizará el próximo año en la Universidad de Chile.

Finalmente quiero agradecer al Colegio de Ingenieros de Chile por acogernos en su casa durante estos días. Y quiero expresar un reconocimiento especial al Instituto Nacional de Hidráulica, por haber aceptado el desafío de la organización de este congreso. Esta es sólo la

segunda vez que uno de ellos es organizado por una institución no universitaria. Sabemos los desvelos que esto significa. Se trata de un trabajo que se suma sin horarios a las labores habituales. A los ingenieros del Instituto y a los miembros del Comité Organizador vaya nuestro agradecimiento.

INVITACIÓN AL XVII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA

Ecuador, octubre 1996

La Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas, el Colegio de Ingenieros Civiles del Ecuador y su Comité Organizador invitan al XVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica que se realizará en Guayaquil, Ecuador, entre el 21 y 25 de octubre de 1996.

El principal objetivo es el de promover el intercambio de conocimientos, experiencias y técnicas aplicadas en el campo de la Hidráulica, Mecánica de Fluidos y Medio Ambiente, entre los diferentes especialistas participantes, tanto nacionales como extranjeros.

Temario

El Comité Organizador convoca a presentar trabajos prácticos y de investigación relacionados con: Mecánica de Fluidos e Hidráulica Fundamental; Hidrología Superficial y Subterránea; Planificación de Recursos Hídricos; Hidromecánica; Hidráulica Ambiental; Hidráulica Fluvial y Marítima; Obras Hidráulicas; Métodos Computacionales Aplicados a la Ingeniería Hidráulica; Técnicas de Laboratorio y Enseñanza e Historia de la Hidráulica.

Fechas Límites

21 de junio de 1996: Recepción de trabajos en Guayaquil, Ecuador
30 de junio de 1996: Cierre de inscripciones con rebajas
31 de julio de 1996 : Notificación de aceptación a los autores
30 de septiembre de 1996: Cierre de preinscripciones
21 de octubre de 1996: Recepción y bienvenida de participantes

Informaciones

Para cualquier información adicional, la correspondencia debe ser dirigida a: Ing. Jacinto Rivero S.; Secretaría Ejecutiva XVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas, Avda. Francisco de Orellana, Ciudadela IETL (Tres Cerritos); P.O.Box 09-01-6760; Guayaquil-Ecuador; Fax: (593)-4-241841; Fonos: (593)-4-231901

DESAFÍOS DE LA HIDRÁULICA CHILENA EN EL SIGLO XXI

Conferencia del Ing. Eduardo Varas C.
en el XII Congreso Nacional de Hidráulica
Santiago, 8-10 de noviembre de 1995

INTRODUCCIÓN

Chile, cuna de hombres y mujeres que han sobresalido en las artes, como Gabriela Mistral y Pablo Neruda; que han destacado por su valor y perseverancia, como los conquistadores que llegaron a descubrir y colonizar este lejano lugar, distinguido últimamente por algunos que han sobresalido en el servicio y cumplimiento de la voluntad del Señor, como Santa Teresa de los Andes y el Padre Hurtado, ha sido también favorecido con una geografía rica y variada. Vivimos en un pequeño y alejado rincón del mundo, pleno de desiertos, oasis, volcanes, montañas, fiordos, glaciares, lagos, hielos, fértiles valles, ríos caudalosos, torrenciales, a veces tranquilos, que riegan los campos y satisfacen nuestras necesidades de agua, elemento indispensable, que a veces no valoramos adecuadamente.

Quizás esta geografía, agreste pero llena de posibilidades, y los grandes desafíos que enfrentaron desde el principio quienes forjaron esta tierra, para acomodarse a su naturaleza joven, áspera

y generosa, motivaron también a los que destacaron en el cultivo de la hidráulica en el principio de este siglo que ya termina. Don Ramón Salas Edwards y uno de sus discípulos, don Francisco Javier Domínguez, con sus mentes brillantes, su entrega y su trabajo, colocaron a la hidráulica chilena en un sitio privilegiado en el contexto latinoamericano y mundial.

Quisiera hoy día, con ocasión de este congreso, convocado para intercambiar opiniones acerca de los avances en esta tradicional disciplina, invitarlos a reflexionar sobre el trabajo realizado, sobre la posición y contribución de la hidráulica chilena en el concierto mundial, y sobre la responsabilidad que nos cabe en la herencia que hemos recibido de nuestros antecesores.

¿Fue el brillo y el liderazgo que una vez tuvimos, una cosa pasajera, eventual, desproporcionada para nuestras posibilidades, o podemos y debemos contar con una presencia señera en el desarrollo de la hidráulica, tal como ocurrió en la mitad inicial de este siglo XX?

Agradezco a la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica la posibilidad de poder plantear este tema ante ustedes. No siento ser el más indicado ni el que conoce la respuesta verdadera a la consulta formulada. Tampoco creo tener la capacidad para definir lo que debe ser la hidráulica en el futuro. Me limitaré a formular preguntas, a compartir algunos pensamientos, a dar a conocer mi visión del asunto y a señalar algunos problemas a los cuales todos debemos responder.

Primeros Años

Todos conocemos y algunos recordamos al querido don Pancho Jota, cuando en las clases de hidráulica contaba anécdotas de la forma como se iban gestando avances importantes, como el desarrollo de la teoría del escurrimiento crítico, en tiempos de don Ramón Salas. Este pilar de la ciencia, naciendo en vivo y en directo, en el lenguaje de hoy, en una de las sesiones de clase, ante un grupo de testigos que posiblemente jamás imaginaron su trascendencia. Este concepto teórico, posteriormente aplicado maravillosamente a un dispositivo como el marco partidador para dar una forma práctica de distribución de agua de riego, y para condicionar toda la legislación del agua y el aprovechamiento de nuestros recursos. Fue este tiempo testigo del nacimiento del Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Católica de Chile en 1914, primer laboratorio experimental de toda Sudamérica.

Algo después, aparece el libro de Hidráulica de Domínguez, apreciado y buscado hasta el día de hoy, por los investigadores y usuarios de esta disciplina. Obra llena de las experiencias y resultados obtenidos por alumnos y memoristas, guiados por estos dos maestros. ¿Qué otra obra en el campo de la ingeniería nacional ha tenido el éxito y difusión que tuvo y tiene la obra de Domínguez?

Conocidos son además los múltiples trabajos experimentales de Domínguez y sus discípulos en todo tipo de singularidades en contornos abiertos. La obra es un manual valioso de consulta para quien diseña ensanches, angostamientos, gradas de bajada, cambios de sección, antecedidos o seguidos por torrentes o ríos. Basta recordar nuestros tiempos de estudiantes, cuando intentábamos descifrar y descubrir el uso de la multitud de gráficos y ábacos incluidos en la obra, y que en los tiempos pre-computador, facilitaban enormemente la vida al resumir complicados cálculos numéricos en una forma simple y sencilla.

Sin duda, aquel fue un tiempo en que en Chile se señalaba un camino que era seguido e imitado por muchos investigadores en otras regiones. La experiencia de diseño lograda gracias a la investigación experimental, brevemente mencionada, nos daba un enfoque propio para abordar los diseños de las obras que iban plasmando nuestro desarrollo como nación.

Segunda mitad del siglo XX

¿Qué ocurre posteriormente?

Gracias al ejemplo señero de estos maestros y a la actividad de desarrollo de los recursos de agua de esa época, se genera en Chile un interés y amor por la disciplina, que comparten muchos ingenieros civiles formados en las universidades del país. Este interés coloca a la hidráulica en un sitio importante, comparado con otras áreas de la ingeniería, lugar que ocupa hoy en día. Se continúa el trabajo experimental y teórico, se desarrollan y cultivan otras ciencias afines, como la hidrología, y se amplía la investigación y el estudio hacia otras áreas de la hidráulica, como el arrastre de sedimentos y el análisis de los problemas de hidráulica industrial, y nace una generación

de investigadores e ingenieros que aplican estos conocimientos a los proyectos de las obras. No mencionaré nombres en esta época, ya que muchos de aquellos a quienes debería nombrar, están hoy en esta sala.

En la segunda mitad de este siglo, sigue existiendo un interés y una actividad fecunda en el campo de la hidráulica. Testigo de ello es justamente esta Sociedad, nacida en los años 70, que ha congregado a los especialistas para participar en 12 congresos de la especialidad, donde se han presentado más de 300 trabajos. El interés también los ha llevado a publicar un boletín, transformado posteriormente en una revista y a participar en mesas redondas y conferencias donde se han presentado y discutido problemas y proyectos de interés en este campo. Es decir, existe una vigencia, y la hidráulica es una disciplina viva que interesa a los especialistas chilenos, quienes han contribuido y contribuyen con avances significativos. Me atrevería a decir que la semilla sembrada por los dos precursores ya nombrados ha caído en terreno fértil, y ha producido frutos valiosos, generando en muchas personas una inquietud que los ha llevado a perfeccionarse y a crear nuevos conocimientos en esta disciplina. Estos conocimientos han permitido mejorar los diseños y han resuelto problemas importantes, contribuyendo al avance de la disciplina. Los resultados de estos logros se aprecian en las obras bien diseñadas y en las decisiones tomadas. Las obras exhiben un comportamiento adecuado, y son en algunos casos ejemplos de experiencias exitosas, reconocidos en el exterior, lo cual ha llevado a nuestros investigadores e ingenieros a ser citados y solicitados como expertos en diversos campos. Los investigadores e ingenieros hidráulicos chilenos de la segunda mitad de este siglo se han destacado por sus conocimientos, por su valía y por sus contribuciones en el ámbito de la hidráulica.

Muchas contribuciones han sido difundidas especialmente en el campo de la actividad latinoamericana. En efecto, la hidráulica chilena ha jugado un rol protagónico, por ejemplo, en la División Latinoamericana de la Asociación de Investigaciones Hidráulicas (AIRH). Gracias a la iniciativa chilena y al reconocimiento que los demás tenían de su valor, fue en Chile donde se organizó la división y se realizó el Primer Congreso Latinoamericano, en 1962. También Chile ha sido el único país que ha organizado tres congresos latinoamericanos de la especialidad. Tuvimos la oportunidad de organizar el año pasado el XVII Congreso Latinoamericano, evento muy concurrido, donde se presentaron más del doble de trabajos que en las versiones anteriores de estos congresos. Los investigadores chilenos han presentado tradicionalmente un número relativamente alto de contribuciones en estos eventos científicos bianuales.

Se puede decir entonces que tenemos un sitio propio en el ámbito latinoamericano, que es reconocido por los demás.

También la enseñanza y el nivel de la hidráulica en las universidades chilenas y en las empresas de ingeniería chilenas es bien considerado en el extranjero, hecho que lleva a numerosos alumnos y profesionales a venir a especializarse en actividades formales de enseñanza o en aspectos aplicados en nuestro país.

Posición en el ámbito mundial

Sin embargo, en mi opinión, esta posición de liderazgo que la hidráulica chilena tiene en el contexto latinoamericano no se ha proyectado más allá. Nuestro radio de influencia no se ha extendido en forma clara fuera de Latinoamérica. Son escasos los ejemplos de trabajos generados en Chile, que se han presentado

en círculos internacionales. No nos hemos preocupado de que los avances logrados trasciendan del ámbito regional. La participación chilena en los congresos internacionales, tanto de la AIRH como de otras organizaciones, es limitada, como también la presencia en otros ámbitos científico profesionales afines a la disciplina.

¿Cuál es la causa de esta situación? ¿Se debe a que los temas que nos interesan y preocupan no tienen relevancia en el exterior? , o ¿es que la calidad de nuestro trabajo no satisface los requerimientos internacionales?

Permítanme ofrecer una respuesta.

La calidad de nuestra labor satisface plenamente los requisitos exigidos por los medios internacionales. Ello se demuestra fácilmente por la labor y el éxito que han tenido los profesionales chilenos que han excursionado en el exterior, ya sea en desempeños profesionales en diversos medios o en estudios de post-gradó en centros universitarios de primera línea. Todos ellos han tenido una acción ejemplar y han cumplido los requisitos exigidos, produciendo una labor valiosa que ha sido juzgada así por especialistas que han supervisado o participado con estos profesionales. Es decir, la formación previa y el desempeño de los hidráulicos chilenos es bien considerado y valioso a nivel internacional, así como el producto que su labor ha generado. Es decir, los profesionales chilenos son capaces de producir aportes de nivel mundial y lo han demostrado en muchas oportunidades.

También, los especialistas de renombre mundial que han tenido la ocasión de conocer y juzgar los trabajos presentados a nivel nacional o latinoamericano concuerdan en que la calidad de los eventos científicos organizados a nivel regional no tienen nada que envidiar a los correspondientes a nivel internacional.

Esta misma experiencia la hemos vivido quienes hemos participado en eventos internacionales. Asistiendo a congresos o conferencias especializadas o al revisar la literatura técnica, mil veces hemos concordado en que las presentaciones y los aportes son de calidad similar a lo que presenciábamos a nivel regional, y en algunos casos también son incluso de menor calidad.

Es decir, se concluye que la calidad de la labor de los especialistas nacionales es comparable a la que se exhibe en los eventos internacionales, y que la hidráulica chilena tiene algo valioso que ofrecer a la comunidad internacional.

Permítanme ahora analizar si los temas de preocupación nacional son muy locales, o bien, si existen inquietudes a nivel internacional que responden a preguntas vitales que hoy día enfrentamos. Para ello, describiré brevemente la labor que realizan los miembros de la AIRH en el seno de esta organización, que es una de las asociaciones científico profesionales más verdaderamente internacionales.

Labor de la AIRH

Esta Asociación ha congregado desde 1935 a los profesionales interesados en la hidráulica. Cuenta en la actualidad con más de 2.100 miembros y 230 instituciones asociadas, de países ubicados en prácticamente todos los continentes. Su misión es contribuir al intercambio científico, a la transferencia de tecnología y a la gestión de la investigación y el desarrollo, a través de promover y estimular la investigación básica y las aplicaciones en hidráulica y en ingeniería hidráulica.

El intercambio científico se realiza a través de congresos bianuales, conferencias especializadas en ciertos temas y reuniones técnicas de grupos de trabajo. Los volúmenes con las memorias de estos eventos, las monografías y la revista

periódica, constituyen un valioso acervo técnico de la experiencia acumulada en estos años.

El trabajo de base de esta organización se realiza en las divisiones técnicas, que son las que agrupan a los interesados en cada una de las áreas de preocupación de la asociación. En estos momentos existen 3 divisiones técnicas, centradas en: métodos en hidráulica, hidráulica aplicada e hidráulica geofísica. En cada una de estas divisiones hay secciones o grupos más reducidos, donde los especialistas se reúnen para intercambiar experiencias y trabajar en torno a temas de interés común. A continuación, presentaré un breve resumen de los temas de preocupación de cada uno de estos grupos.

1. Métodos en hidráulica

1.1 Mecánica de Fluidos

La principal dificultad en la mecánica de fluidos que utiliza el ingeniero hidráulico es la transición entre la escala microscópica, descrita por las ecuaciones de Navier-Stokes y la escala macroscópica de las aplicaciones ingenieriles. Debido a la dificultad de esta transición, la mecánica de fluidos en el campo de la ingeniería hidráulica está llena de problemas sin resolver. Algunos ejemplos son: turbulencia, estructuras de turbulencia, flujo secundario, flujos bifásicos laminares y turbulentos, transporte de sedimentos, comportamiento de fluidos no-newtonianos, mezclas gas-agua, flujo en medios porosos con números bajos de Reynolds, fenómenos de transporte, problemas de interfaz hidrodinámica físico-química.

1.2 Hidroinformática

Este tema tiene relación con el uso y gestión de los computadores para la modelación matemática del flujo y de los

procesos de transporte que se llevan a cabo en ríos, mares, estuarios, tuberías y canales. El computador se considera una herramienta para generar soluciones en el contexto del abastecimiento de agua urbano, rural e industrial, de la disposición de aguas residuales, de la gestión del riesgo y de la planificación de recursos, considerando la intervención del hombre. Permite al investigador modelar sistemas complejos para explorar las relaciones entre las variables que intervienen. El desarrollo futuro está orientado hacia el uso de modelos computacionales para el control de sistemas, gestión de la información y sistemas expertos.

Los principales temas de interés de esta sección son: datos de entrada para modelos numéricos, sistemas geográficos de información, recolección de datos de experimentación, herramientas de software modernas para los modelos numéricos, intercambio de datos y de información, ingeniería de sistemas, sistemas de soporte al diseño, integración de modelos numéricos con sistemas de información.

1.3 Métodos experimentales y Modelación Física

Casi todos los problemas de interés práctico son tridimensionales, turbulentos y dependientes del tiempo. Las ecuaciones que describen el comportamiento físico del fluido en estas condiciones no tienen una solución analítica. El camino experimental es la vía clásica para enfrentar este tipo de problemas. El enfoque numérico es un complemento adecuado, y a veces representa un menor costo. Los experimentos de laboratorio a escala tienen la ventaja de requerir un menor número de hipótesis y de entregar resultados a veces sorprendentes para los diseñadores.

Problemas de interés para esta sección son: métodos e instrumentación,

semejanza, calidad de aguas en el abastecimiento, sedimentación en embalses, optimización de plantas de generación eléctrica, interacciones ecológicas con obras hidráulicas.

1.4 Métodos Probabilísticos

Las obras de aprovechamiento de agua se planifican, operan y diseñan en condiciones de incertidumbre acerca de la demanda y de la oferta de agua. La incertidumbre se debe tanto al desconocimiento del futuro como a la ignorancia del hombre sobre ciertos aspectos de los problemas. Cualquier decisión en el desarrollo de recursos envuelve entonces un cierto riesgo. Las probabilidades son una herramienta para cuantificar y manejar este riesgo. Algunas aplicaciones y problemas de interés para el enfoque probabilístico son: modelación y estimación de los sedimentos, hidráulica de ríos y canales, propagación de crecidas, ondas y solicitaciones sobre estructuras marinas, flujo de agua subterránea, confiabilidad y riesgo en el diseño de obras hidráulicas, administración de sistemas de recursos hídricos en situaciones de incertidumbre.

1.5 Instrumentación hidráulica

El campo de la instrumentación hidráulica incluye el diseño y uso de instrumentos en el laboratorio, campo e industrias. También este grupo se preocupa de la recolección, manejo y almacenamiento de información. El espectro de instrumentos se extiende desde lo tradicional, como tubos Pitot, vertederos, orificios, a instrumentos más sofisticados acoplados a computadores, como anemómetros laser-Doppler, monitoreo de partículas, sistemas de análisis de imágenes.

Los principales temas se refieren al desarrollo y prueba de instrumentos

para evaluar recursos de agua y desarrollo de instrumentos de campo. Algunas variables de interés son velocidades y caudales en ríos, tensiones tangenciales, descarga en acuíferos, olas y ondas, mediciones de lluvia.

1.6 Ecohidráulica

Recientemente, en el Congreso realizado en Londres, en el mes de septiembre, se aprobó la creación de una nueva sección, la de ecohidráulica, grupo que se centrará en aquellos problemas en la interfaz entre la ecología, el desarrollo sustentable y la hidráulica. Este grupo, aún sin existir formalmente, ha trabajado en forma activa y recientemente organizó en Noruega una conferencia internacional sobre habitabilidad y ecología, y prepara una segunda conferencia que se realizará en Quebec, en 1996.

2. Hidráulica Aplicada

2.1 Maquinaria hidráulica y cavitación

La principal actividad en el campo de la maquinaria hidráulica en el futuro será la producción de grandes turbinas de mejor eficiencia, mayor vida útil, turbinas pequeñas baratas, producción de grandes grupos de bombeo para el transporte de agua y para el riego, mejoramiento en los sistemas de control y reingeniería de los sistemas existentes. Esta sección se preocupa del estudio de los problemas en flujo permanente y transiente, que surgen en la maquinaria hidráulica y en el sistema de tuberías que los conecta. Los problemas incluyen el control, problemas hidroelásticos, cavitación y problemas bifásicos. Algunos temas de interés son el flujo tridimensional viscoso en máquinas hidráulicas, maquinarias y sistemas bajo condiciones de flujo oscilatorio, separación de columna de agua y flujo transiente, efectos de escala y de semejanza y cavitación.

2.2 Drenaje urbano

Las obras de drenaje urbano deben conducir flujos de aguas lluvias y residuales de gran variabilidad y características, de modo eficiente y económico, en un escenario de aumento de población urbana. Temas de interés son los procesos de hidrología urbana, la modelación hidrológica urbana y el intercambio de información, la hidráulica de los sistemas de conducción, el control en tiempo real de los sistemas de drenaje, la calidad de las aguas lluvias, los sedimentos en el sistema de evacuación, las políticas de drenaje urbano, el drenaje en climas muy fríos.

2.3 Fenómenos fluidos e intercambio de energía

El conocimiento del comportamiento de los fluidos es crítico para asegurar una generación de energía segura y económica. Esta sección provee un foro para el intercambio de conocimientos y experiencias en el campo de la producción y uso de energía. Los temas de interés varían entre termohidráulica, fluidodinámica computacional y refrigeración. Temas de discusión son la modelación numérica del flujo, el diseño de torres de enfriamiento y reactores nucleares, entre otros.

2.4 Gestión de recursos de agua

En el campo de los recursos hídricos ha aumentado la preocupación por la contaminación y control de la calidad del recurso. El aumento de la preocupación social sobre el ambiente ha cambiado la filosofía de la ingeniería básica, de la planificación y de la gestión. Aun cuando ha habido grandes avances en los modelos de sistemas complejos, subsisten algunos aspectos que dificultan la aplicación práctica de ellos. Los problemas complejos del desarrollo sustentable de

los cuerpos de agua sólo pueden abordarse con un enfoque de sistemas. El agua y el ambiente se consideran como un sistema con múltiples interacciones. Por ello este grupo promueve el uso y la aplicación de tecnologías de avanzada que puedan enfrentar los problemas de recursos de una manera global, usando análisis de sistemas, procedimientos computacionales y otros procedimientos sistémicos que se puedan formular en el futuro. Propende a la investigación multidisciplinaria, la operación ambientalmente sana de los sistemas, la investigación en la gestión de recursos en condiciones de incertidumbre, y el control de sistemas de recursos de múltiples usos.

2.5 Flujo industrial bifásico

Las actividades de esta sección de la IARH incluye los estudios experimentales, teóricos y numéricos de flujos bifásicos en la industria química, transporte bifásico y separación en la industria petrolera, flujos a alta temperatura en reactores, transporte y procesos en la industria minera. El objetivo global es aumentar la comprensión del fenómeno de escurrimiento, mediante estudios detallados experimentales y teóricos. Gracias a este esfuerzo se espera contar con procedimientos numéricos mejorados para la predicción del comportamiento de los fluidos.

3. Hidráulica geofísica

3.1 Hidráulica fluvial

Esta rama de la hidráulica geofísica se preocupa de la observación y estudio de los procesos fluviales. Cualquier intervención de la ingeniería en ellos requiere una evaluación inicial de los mecanismos presentes y la predicción de los efectos. Los procesos físicos quedan determinados por la interacción entre los sedimentos y el agua. Por consiguiente,

el flujo de agua y el transporte de sedimentos son los temas clásicos de este grupo. En la actualidad, los procesos físico-químicos y bacteriológicos que acompañan a los primeros son cada vez más importantes. En consecuencia, esta sección se preocupa también de la investigación en temas afines, como la biología, geomorfología, mecánica de suelos y oceanografía. Algunos temas de interés son los procesos fluviales, el análisis de riesgo y las medidas de mitigación, la recuperación de las condiciones naturales de los ríos y las evoluciones de largo plazo.

3.2 Hidráulica marítima

La hidráulica marítima cubre todos los aspectos de los problemas marítimos, costeros, de estuarios, incluyendo la morfología costera, las olas, corrientes, sedimentos y contaminación. La actividad principal se centra en cuatro temas. El estudio de los problemas de contaminación, incluyendo la convección de contaminantes debido a las corrientes, el arrastre, la dispersión y la difusión. La investigación en la mecánica de olas, tanto desde el punto de vista teórico, como numérico y de modelación física. El estudio y la estimación del arrastre de sedimentos en suspensión y en el fondo. El estudio de las consecuencias en el litoral de los niveles en el mar.

3.3 Hidráulica de medios porosos

Este tema cubre el escurrimiento en medios porosos naturales y artificiales. El agua subterránea constituye la reserva mayor de agua fresca y su uso se extiende cada día más. Temas de preocupación de esta sección son el acoplamiento de los modelos de transporte, con modelos de constitución físicoquímicos y bacteriológicos de las aguas, ecología de las aguas subterráneas, intercambios con los

recursos superficiales, flujo en la zona no saturada, modelación matemática y métodos estocásticos, problemas geotérmicos, gestión de recursos subterráneos, monitoreo y contaminación de acuíferos.

3.4 Ingeniería del hielo

En los países nórdicos, el hielo presenta un peligro ambiental. El objetivo principal de la ingeniería del hielo es proteger la vida humana y los bienes, contra efectos dañinos del hielo. La investigación se orienta hacia el entendimiento de los fenómenos que se producen en el hielo, tales como interacción del hielo y el escurrimiento, efecto del hielo sobre estructuras marinas, propiedades mecánicas y físicas del hielo.

Reflexiones finales

El siglo XX se caracteriza por el rápido avance tecnológico, del cual hemos sido testigos, lo cual ha traído consigo una gran facilidad de comunicaciones y ha producido una solidaridad y unión internacional, representada por la globalización del desarrollo y de la economía. Es imposible concebir en estas condiciones una nación aislada. El aislamiento sólo lleva al atraso y al abandono. Resolver los urgentes problemas del desarrollo económico y social hoy en día implica conocer, estar atentos y participar con el resto del mundo. Si Chile quiere cumplir con ser un lugar "de remotas naciones respetado, por fuerte, principal y poderoso", debe obligatoriamente estar en estrecho contacto con el resto del mundo, y contribuir al avance global.

Tenemos un decir en el campo de la hidráulica: los problemas que trata el resto de la comunidad científica y técnica nos son relevantes, luego no podemos aislarnos y callar. El silencio nos llevará al atraso y abandono, y nos impedirá cumplir

con los desafíos de desarrollo que la comunidad nos pide. Aislarse en la actualidad, significa quedar al margen del progreso y es imposible para cualquier país, por poderoso y grande que sea, reemplazar la labor de todo el resto del mundo.

Yo invito a todos ustedes a considerar las reflexiones planteadas y a complementar los argumentos esgrimidos y a actuar posteriormente. La AIRH es uno de los caminos que se pueden seguir para

participar activamente en un ambiente científico y profesional, que nos ponga en contacto con otros profesionales preocupados de problemas afines, de modo que nos apoyemos mutuamente y podamos avanzar en forma más rápida y sin vacilaciones en el camino del progreso, bienestar y mejoramiento de la calidad de vida, no sólo de los chilenos, sino también del continente americano y del resto de la humanidad.

CONVOCATORIA TRABAJOS TÉCNICOS

La Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, A.C., sección mexicana de la AIDIS, invita a los profesionales en la ingeniería sanitaria y ambiental y demás áreas relacionadas con el medio ambiente, a participar en el XXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, que se realizará en la Ciudad de México, del 3 al 7 de noviembre de 1996.

El tema central del evento será "Consolidación para el Desarrollo"

Las ponencias deberán referirse a cualquiera de los siguientes temas:

- * Agua potable y alcantarillado
- * Contaminación de cuerpos de agua
- * Tratamiento y reúso de las aguas residuales
- * Prevención y control de la contaminación atmosférica
- * Tratamiento y disposición de residuos sólidos
- * Impacto ambiental y análisis de riesgo
- * Salud ambiental
- * Técnicas analíticas
- * Contaminación térmica, radioactiva y por ruido
- * Legislación ambiental

Para seleccionar los trabajos que serán presentados en el evento como exposición oral o cartel, se deberá enviar resumen de la ponencia, incluyendo título del trabajo, nombre(s) completo(s) del (los) autor(es), nombre de la institución o empresa donde se generó el trabajo, dirección, teléfono y fax donde se deberá remitir cualquier correspondencia. Para mayor facilidad, solicitar formato de presentación de resúmenes. Dichos resúmenes deberán ser enviados a la siguiente dirección:

Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, A.C.

XXV Congreso Interamericano

Dirección Técnica

Calzada de Tlalpan N° 972

Colonia Nativitas

México, D.F. C.P. 03500

Teléfonos 579 6723 * 579 5842 * 5379703

* 537 6281

Fax 590 3528 * 537 0813

La fecha límite para la recepción de resúmenes será el 31 de marzo de 1996. A los autores de las ponencias seleccionadas se les hará llegar antes del 30 de abril una carta de aceptación y el Reglamento para la presentación de las mismas. Los trabajos que integrarán las memorias se deberán enviar antes del 30 de junio de 1996.

LA HIDRÁULICA MARÍTIMA, DESAFÍO PARA CHILE (*)

Ing. Salvador Tarodo E.
Director del Instituto Nacional de Hidráulica
y Presidente del Comité Organizador del
XII Congreso Nacional de Hidráulica

Qué puedo agregar a lo que reza el título de nuestra convocatoria.

La Asociación Chilena de Ingeniería Hidráulica, conjuntamente con el Comité Organizador, captaron la necesidad que tiene nuestro país de dominar en los campos de la ciencia y la técnica, el aspecto marítimo, uno de los principales componentes, si no el más, de nuestras condiciones naturales.

Fueron los acontecimientos históricos, por una realidad a que se llegó, producto del desarrollo acelerado de los últimos decenios lo que nos despertó y nos hizo dar cuenta de que lo previsto, en cuanto a preparación y cantidad de profesionales y auxiliares para abordar los requerimientos de ese aspecto marítimo citado, había quedado absolutamente apocado y sobrepasado ante esa realidad.

No se había, ni remotamente, estimado el grado de tal necesidad; percibimos tal situación sólo luego de que el hecho hubo acontecido.

(*) Discurso pronunciado con motivo de la Ceremonia de Clausura del Congreso

De todos es conocido que Chile cuenta en sus 756.898 km² de superficie continental e insular, con una costa extensísima, cuantificada por el SHDA (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada) en 80.000 km. lineales.

Esos 756.898 km² conllevan importantes superficies entre sus líneas delineantes de bases rectas, como son: Aguas interiores; Mar territorial (1); Zona contigua (2); Zona económica exclusiva; Plataforma continental; Alta mar; Mar presencial y Territorio oceánico.

(1) Es la parte de mar que se extiende desde las líneas de base, hasta otra imaginaria paralela, de una anchura de 12 millas náuticas, a lo largo de las costas del Estado. La soberanía del Estado ribereño se extiende sobre el mar territorial, el espacio aéreo sobre éste, así como sobre el lecho y el subsuelo de ese mar.

(2) Es el espacio marítimo que se extiende más allá del mar territorial, hasta una distancia de 24 millas náuticas, medidas desde las líneas de base, donde el Estado ribereño ejerce jurisdicción para los objetivos concernientes a la prevención y sanción de infracciones de sus leyes y reglamentos aduaneros, fiscales, de inmigración y sanitarios.

Estos espacios marítimos suman alrededor de 4.633.615 km², superficie que comparada con la de los espacios terrestres, supera en más de seis veces a esta última. (Es necesario hacer presente, que en esta gran superficie no ha sido considerada la proyección del territorio chileno antártico, cuya soberanía está restringida por tratado internacional, ni aquellos espacios contenidos dentro del mar presencial).

Lo expuesto lleva a hacer notar que los espacios marítimos chilenos superan con amplitud sus espacios terrestres, hecho que acentúa la condición geográfica, esencialmente marítima de nuestro país.

Esta sola enumeración y cuantificación lleva a considerar el potencial necesario que se hace indispensable contar al haber.

El señor Comandante en Jefe de la Armada, Almirante Jorge Martínez Busch, durante la clausura del Seminario "Territorio Oceánico de Chile y la Investigación Científica Marina", que se efectuó en el Centro de Eventos de la Armada, en Valparaíso, en el mes de mayo recién pasado, sostuvo que:

"Ciencia y conocimientos se están constituyendo como el vector más importante de desarrollo en los estados modernos; señal además de que en un monto competitivo, sólo los estados con mayores conocimientos o sea, aquellos que puedan presentar una cantidad lo más importante posible de científicos en relación a su población, extensión y ubicación geográfica, serán los que podrán acceder a los acuerdos internacionales".

Por otra parte, ya está probado que el desarrollo integral de una sociedad depende de su avance científico-tecnológico.

No sorprende entonces, que todos los países del mundo utilicen algún porcentaje del PGB (Producto Geográfico Bruto) para investigación y desarrollo. Las cantidades varían de 0.1% a 0.2% en países del tercer mundo, hasta valores de 3.1% y 2.8% como ocurre en Japón y EE.UU., respectivamente.

Chile cuenta con aproximadamente 6.000 investigadores activos, desarrollando su labor en temas muy heterogéneos.

Para dar una idea de nuestra realidad, comparándola con otros países, en términos generales se tiene, en relación con la inversión del porcentaje de PGB en investigación, en ciencia y tecnología general, los siguientes indicadores:

Chile 0.7%
EE.UU 2.8%
Canadá 1.5%
Corea 2.2%
Japón 3.1%
Australia 1.4%
N. Zelandia 0.9%

En conjunto, por continente

América Latina 0.4%
Africa 0.3%
Asia 0.7%
Europa Occidental 1.6%
Europa Oriental 1.5%

Ahora, en lo tocante a la materia que nos preocupa, como es la Hidráulica Marítima -parte de conocimientos físicos generales del ambiente oceanográfico- ella está presente en cada uno de los temas que comportan la actividad oceanográfica nacional.

Enumeraré a continuación, las disciplinas respectivas:

- **Administración y Defensa**
 - Administración de la zona costera
 - Investigación Científica Marina en:
 - * Seguridad Nacional
 - * Educación
 - * Situación nacional e internacional y su marco jurídico
- **Planificación de políticas de investigación científica y desarrollo**
- **Medio ambiente oceánico**
- **Recursos no vivos**
 - * Investigaciones geológicas, exploración de minerales submarinos
- **Recursos vivos**
 - * Pesquería, piscicultura
- **Transporte y obras de abrigo y protección**
 - * Transporte de navegación en canales
 - * Acceso a puertos de transbordo e instalaciones de facilidades portuarias.
- **Defensas costeras**
- **Obras marítimas, lacustres terrestres y fluviales recreacionales**
- **Balizamientos y señalizaciones, faros, etc.**

(Se ha dejado expresamente fuera de este listado, la Biología Marina, con su flora y fauna).

La inversión nacional en investigación en este rubro, resulta ser no significativa, frente a los requerimientos reales fundamentales por la magnitud de las necesidades.

Vale hacer notar que la escasez de personal calificado en el país, para satisfacer esta situación, hace que se tenga que recurrir a profesionales extranjeros que conocen en mucho menor grado las características naturales locales y no cuentan con la experiencia necesaria que exige el abordar soluciones técnicas tan particulares como las que deben ser consideradas, dadas nuestras singulares condiciones geológicas, oceanográficas, sedimentológicas, de canales y mares interiores, sismológicas y otras.

Por otra parte, la hidráulica marítima en lo que toca al transporte, deberá resolver a un muy corto plazo la escasez de infraestructura portuaria, aun tomando en cuenta lo que se está haciendo en los puertos de Valparaíso, San Antonio, San Vicente y otros.

Las obras portuarias y facilidades existentes han sido sobrepasadas por el notable crecimiento de la economía en los últimos 12 años. Las importaciones han sido incrementadas en 41%, sólo en los últimos 3 años. El comercio exterior vía marítima viene creciendo a tasas cercanas al 10% anual en los últimos 5 años y que, razonablemente, la demanda por servicios portuarios relacionados con el comercio internacional se duplicará antes del año 2000.

Los desafíos, en la próxima década en materia de infraestructura portuaria, son los de movilizar un volumen creciente de carga al exterior - nacional y de mercaderías en tránsito - a costos competitivos y cumpliendo con la cada vez más exigente normativa ambiental.

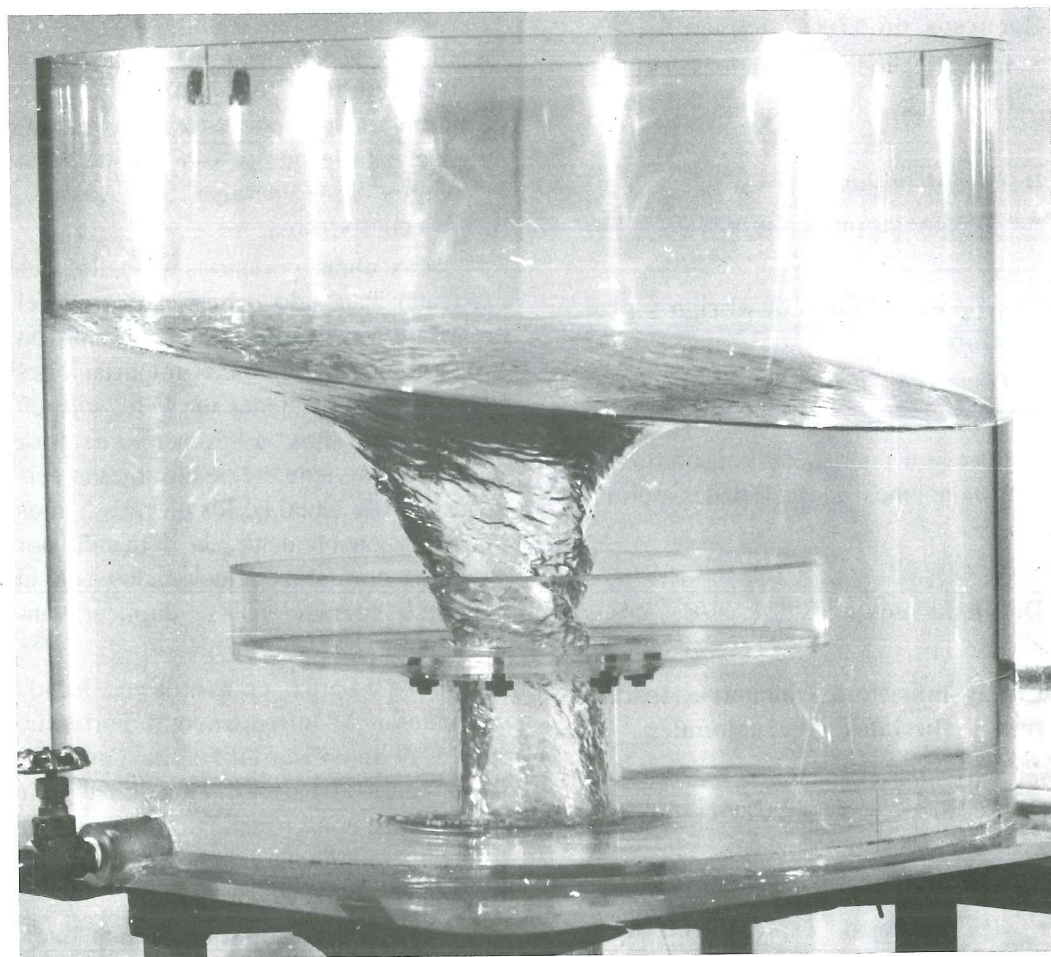
Finalmente, los que hemos dedicado por décadas parte de nuestro quehacer a la docencia en el campo de la

hidráulica marítima en los principales centros de instrucción superior de nuestro país, conocemos de las políticas adoptadas al respecto por las instituciones y del escaso interés del alumnado por concurrir al aprendizaje de la disciplina.

Por otra parte, el nivel educacional y cultural de todos y cada uno de los estratos representativos, dirigentes y ejecutivos: autoridades, profesionales, tanto

del sector público como privado, etc., queda manifiestamente establecido, si se toma en cuenta el nivel de aprovechamiento que el Estado y la comunidad, en general, hacen del principal y único centro de investigación aplicada con que cuenta el país en la materia, durante 43 años: el Laboratorio Hidráulico de Peñaflor, que uds tendrán la oportunidad de visitar.

HIDRO GRÁFICA



Sí, es un vórtice; pero, ¿por qué la superficie libre está inclinada? (La respuesta, en el próximo número)

PREMIO NACIONAL DE HIDRÁULICA OTORGADO A RENÉ GARREAUD SALAZAR

Ingeniero Ernesto Brown (*)

Es para mí un gran honor hacer la presentación de René Garreaud Salazar, a quien se le ha conferido en esta oportunidad el Premio Nacional de Hidráulica que otorga la SOCHID cada dos años a los mejores ingenieros titulados en las universidades chilenas en los dos años anteriores, y que hayan efectuado una especialización en Hidráulica o Recursos Hídricos.

René no sólo fue un excelente alumno dentro de nuestra especialidad, sino también un excelente alumno, y uno de los mejores, de su promoción en toda nuestra Facultad. Hay que mencionar, que por esto le fue otorgado el año pasado el Premio Ismael Valdés Valdés, del Instituto de Ingenieros de Chile. Es de aquel grupo de estudiantes que sobresalen, y a los que uno como su profesor, recuerda permanentemente en el futuro.

René se recibió de Ingeniero Civil con mención en Hidráulica en la

Universidad de Chile, en 1993; simultáneamente, obtuvo su grado académico de Magíster en Ciencias, mención Ciencias Atmosféricas, en la misma Universidad. Actualmente es académico del Departamento de Geo-física, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, y desde septiembre se encuentra en Comisión Académica en la Universidad de Washington, Seattle, EE.UU., prosiguiendo sus estudios de doctorado, haciendo uso de la Beca Presidente de la República. Sus áreas de interés son la Climatología Dinámica de Sudamérica y el Estudio de los aspectos Meteorológicos de Eventos Hidrometeorológicos Extremos.

Su memoria de título de Ingeniero Civil y Tesis de Magíster versó sobre el tema: "Configuraciones Atmosféricas Asociadas a las Grandes Crecidas Hidrológicas en Chile Central", que constituye un tema que tiene el mérito de cubrir la interfase entre la Meteorología y la Hidrología, la que resulta de particular importancia para

(*) Discurso pronunciado en la Ceremonia de Clausura del Congreso Nacional de Hidráulica con motivo de la entrega del Premio Nacional de Hidráulica al Ing. René Garreaud S.

desarrollar y validar metodologías hidrológicas orientadas al diseño ingenieril, con una adecuada sustentación científica.

Sus publicaciones entre 1992 y 1995 superan ya la decena y varias de ellas han sido publicadas en revistas científicas internacionales o en anales de Congresos Internacionales, y se refieren a temas que cubren justamente al análisis meteorológico de los factores causales de los eventos hidrológicos extremos. El otro tema en el que ha investigado se refiere a los aspectos meteorológicos de la contaminación atmosférica, de gran importancia para nuestro país y especialmente para Santiago.

René ha participado activamente en nuestros Congresos Nacionales de Ingeniería Hidráulica y en el Congreso Latinoamericano de Ingeniería Hidráulica, que tuvo lugar en Santiago el año pasado. Además, ha publicado un trabajo en nuestra Revista de la Sociedad.

Más allá de los antecedentes curriculares objetivos que he sintetizado, quiero destacar los aspectos de la personalidad y actitud de René, que a mi juicio lo hacen ampliamente merecedor del

Premio que se le está otorgando. René, durante su época de estudiante, manifestó siempre un interés particular por los temas que estaba estudiando. Era frecuente que llegara a nuestras oficinas para discutir y analizar sus inquietudes y confrontar ideas, con argumentaciones racionales, con extraordinaria sencillez, con gran claridad mental y con una creatividad innata. Esta misma actitud es la que ha tenido en el período posterior a la obtención de su título y grado, en los trabajos de investigación que ha desarrollado.

Creo que puede augurársele una exitosa carrera académica en el campo de su interés, y creo que es un gran elemento para nuestra Facultad.

Quiero terminar felicitando en nombre del Directorio de SOCHID a su señora madre aquí presente, Sra. Rosa Salazar, quien recibirá el premio en nombre de su hijo, y a sus familiares. También, a mis colegas académicos del Departamento de Geofísica aquí presentes, por la gran adquisición que han logrado para su grupo de Meteorología, en la persona de René Garreaud Salazar.

IMPACTO DE LOS FENÓMENOS EL NIÑO Y LA NIÑA EN REGÍMENES FLUVIOMÉTRICOS ANDINOS

Patricio Aceituno y René Garreaud

Departamento de Geofísica. Universidad de Chile.

RESUMEN

Se analizan los impactos de los fenómenos El Niño y La Niña en regímenes hidrológicos andinos. Durante los episodios La Niña, caracterizados por anomalías negativas de la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial, se observa una tendencia a excesos pluviométricos en el sector de los Andes colombianos. El aumento asociado en el caudal de los ríos crea condiciones favorables para la ocurrencia de inundaciones en la sección inferior de los ríos Cauca y Magdalena. En los Andes subtropicales (Chile Central) los eventos fríos se asocian con una menor precipitación y acumulación de nieve sobre la cordillera de Los Andes durante la estación de lluvias, lo cual condiciona la ocurrencia de anomalías negativas en los caudales de los ríos durante el periodo primavera-verano siguiente. Durante los eventos El Niño, caracterizados por la presencia de aguas anormalmente cálidas en el Pacífico ecuatorial, las anomalías hidrológicas andinas son generalmente opuestas a las observadas durante los episodios de La Niña. Los eventos cálidos se caracterizan además por inundaciones en los sectores costeros del norte de Perú y sur de Ecuador y una tendencia a déficit pluviométrico en el Altiplano.

1. INTRODUCCIÓN

La Oscilación del Sur (OS) constituye una perturbación del sistema océano-atmósfera que se concentra principalmente en el sector tropical del océano Pacífico, aunque sus manifestaciones son de escala planetaria. En la atmósfera, la OS se caracteriza por una variación inversa de presión entre la región vecina al centro de alta presión subtropical del Pacífico suroriental y el sector de Australia-Indonesia. En los extremos de la OS se producen notables alteraciones oceánicas y atmosféricas en la región tropical y subtropical del Pacífico, las cuales caracterizan los denominados eventos El Niño y La Niña (Philander, 1990). Entre otras anomalías, durante los episodios El Niño (también denominados eventos cálidos) se observa un debilitamiento generalizado de los vientos alisios y un aumento en la temperatura de las aguas superficiales. Los eventos La Niña (también llamados eventos fríos) se caracterizan por anomalías opuestas, es decir, vientos alisios anormalmente intensos y anomalías negativas en la temperatura superficial del mar.

El funcionamiento de la OS en América del Sur ha sido ampliamente documentado en estudios previos (Kousky et. al, 1984; Ropelewski y Halpert, 1987; Aceituno, 1988, 1989; Rutllant y Fuenzalida, 1991). Su impacto sobre la precipitación alcanza niveles significativos en determinadas regiones del continente, entre las cuales se encuentran el sector norte del mismo, el noreste brasileño, los sectores costeros del norte de Perú y del sur de Ecuador, el Altiplano, la cuenca del río Paraná y el sector subtropical occidental (Chile Central). Manifestaciones de la OS en la variabilidad pluviométrica interanual se advierten también mediante el análisis de registros hidrológicos, los cuales pueden ser interpretados como índices espacialmente integrados de precipitación (Kousky, 1987; Aceituno, 1988; Hastenrath, 1990; Compagnucci y Vargas, 1993; Piechota et al, 1994). El objetivo del presente trabajo es analizar la magnitud y variabilidad espacial y temporal del impacto que las perturbaciones del sistema océano-atmósfera durante las fases extremas de la OS (fenómenos El Niño y La Niña) tienen sobre los regímenes hidrológicos andinos.

2. ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS BÁSICOS

La gran extensión meridional de la cordillera de Los Andes explica la existencia de una gran diversidad de regímenes pluviométricos e hidrológicos a lo largo de toda su extensión. En la región tropical, la precipitación generalmente se asocia al desarrollo de nubosidad convectiva, en tanto que al sur de los 25° se produce principalmente por la acción de sistemas frontales de latitudes medias.

En el sector andino de Colombia, en el extremo noroccidental del continente, el régimen anual de precipitación se caracteriza por la existencia de dos

máximos y dos mínimos más o menos bien definidos, dependiendo de la latitud. Los dos periodos más húmedos se presentan a fines de las estaciones intermedias de otoño y primavera y están condicionados por el paso sobre la región del núcleo de nubosidad convectiva en su movimiento NW-SE sobre el continente (Fig. 1). Considerando el carácter pluvial de las cuencas en esta región, las características del ciclo anual pluviométrico aparecen reflejadas directamente en el régimen hidrológico (Fig. 2a).

En el sector semiárido costero del norte de Perú y sur de Ecuador, la precipitación se concentra durante los meses del otoño austral, cuando la banda de convergencia intertropical sobre el Pacífico alcanza su máximo desplazamiento hacia el sur. La evolución anual del caudal medio mensual del río Chira presentado en la Fig. 2b, ejemplifica el régimen hidrológico de esta región.

En las tierras altas de los Andes Centrales (Altiplano) la precipitación se concentra durante el verano austral cuando el núcleo de mayor nubosidad convectiva sobre el continente alcanza su máximo desplazamiento hacia el sur (Fig.1), como se ilustra en el ciclo anual de los caudales medios mensuales del río Desaguadero en Chuquina cerca de la desembocadura del lago Titicaca (Fig 2c). La variación media mensual del nivel del lago Titicaca durante la estación húmeda constituye un índice pluviométrico representativo de todo el sector norte del Altiplano.

Finalmente, en el sector subtropical de los Andes la precipitación se concentra principalmente durante el invierno austral en forma de tormentas asociadas a sistemas frontales. El régimen nival del curso superior de las cuencas andinas en esta región condiciona la existencia de máximos anuales de escorrentía durante la temporada de deshielo en primavera-verano, como se advierte en la Fig. 2d para el río Maipo, en Chile Central.

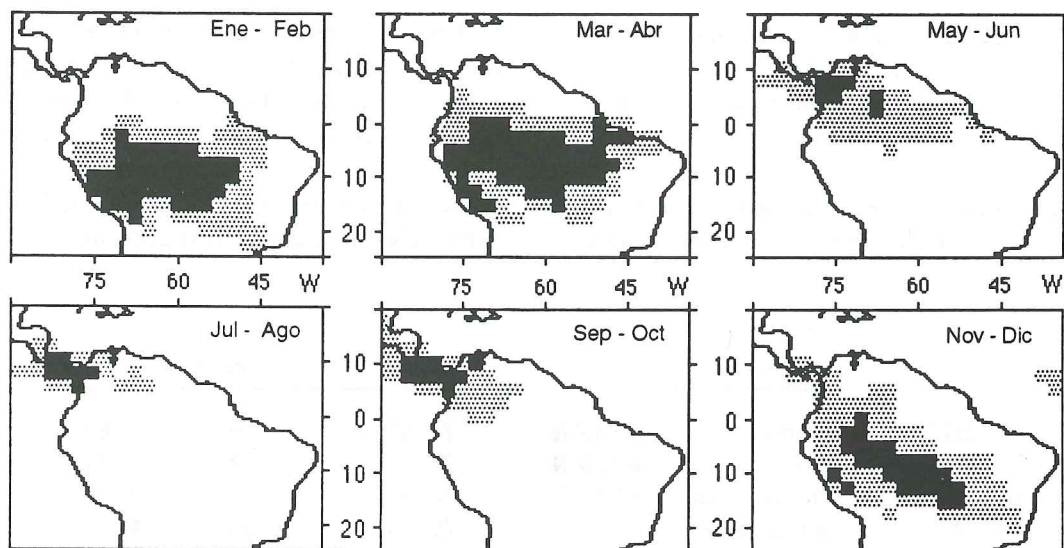


Fig. 1. Campos de radiación infrarroja emergente. Las regiones con valores inferiores a 205 W/m² (área en negro) y 220 W/m² (área en gris), identifican las regiones donde se concentra la nubosidad de origen convectivo, y por lo tanto, la precipitación en el sector tropical del continente. Fuente: CAC-NOAA.

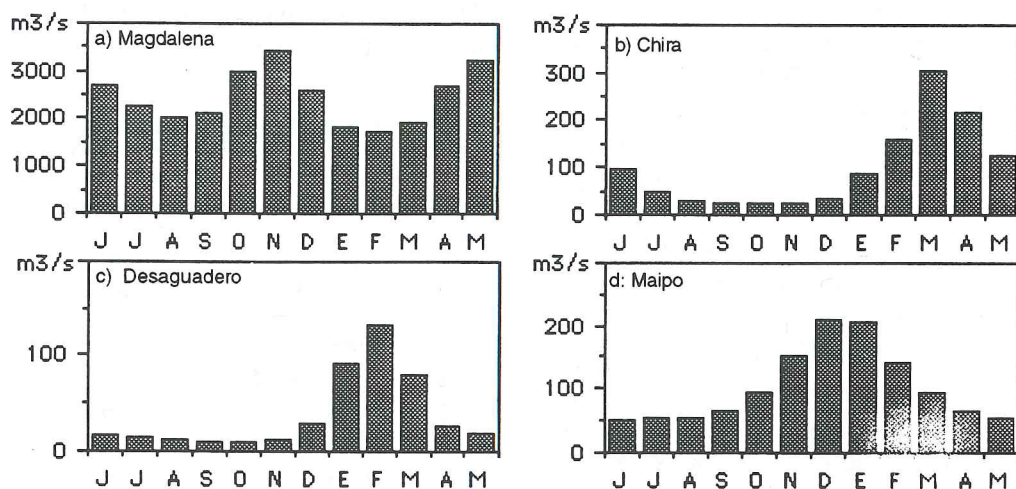


Fig. 2. Ciclo anual (junio-mayo) de caudales medios mensuales: a) río Magdalena en Puerto Berríos (7° N, 74° W); b) Chira en puente Sullana (2° S, 74° W); c) Desaguadero en Chuquina (17° S, 68° W); d) Maipo en El Manzano (34° S, 70° W).

3. DATOS Y METODOLOGÍA

Se consideraron caudales medios mensuales para los ríos Magdalena y Cauca en los Andes colombianos; para el río Chira en el sector costero del norte del Perú, y para los ríos Maipo y Aconcagua

en Chile Central. Se analizó, además, un registro del incremento mensual en el nivel del lago Titicaca en la región altiplánica de los Andes centrales. En la Tabla 1 se indica la localización de los puntos de control y la duración de las series hidrológicas correspondientes.

	estación	latitud	longitud	elev (m)	periodo
río Magdalena	Calamar	10° 15' N	74° 55'	8	1940-89
río Magdalena	Puerto Berrío	06° 30' N	74° 23'	108	1936-89
río Magdalena	Arrancaplumas	05° 11' N	74° 43'	230	1936-89
río Cauca	La Virginia	04° 54' N	75° 53'	900	1946-89
río Cauca	Juanchito	03° 27' N	76° 28'	945	1936-89
río Chira	Puente Sullana	04° 42' S	77° 37'	402	1937-91
río Aconcagua	Chacabuquito	32° 50' S	70° 34'	1030	1912-88
río Maipo	El Manzano	33° 35' S	70° 24'	850	1912-88
lago Titicaca	Puno	15° 52' S	70° 00'	3800	1914-89

Como un índice de la OS y del funcionamiento del sistema océano-atmósfera en el Pacífico central se utilizó una serie de anomalías medias mensuales de la temperatura superficial del mar (TSM) en la región 170-90° W; 2° N - 6° S, 180-90° W; 6-10° S, 150-110° W. Este índice, originalmente disponible hasta 1986 (Wright, 1989) se extendió hasta 1989 utilizando las anomalías medias mensuales de TSM en la región Niño 3 (5° N - 5° S, 150-90° W) (NOAA-CAC).

Considerando la diversidad de los regímenes hidrológicos andinos se analizó separadamente el impacto de las condiciones anómalas en el Pacífico central durante los periodos de invierno y verano austral. Para esto se utilizó un procedimiento de estratificación de los datos hidrológicos, según el cual, para ambas estaciones del año, se seleccionaron los años en que la anomalía media de la TSM en el periodo mayo - septiembre (o noviembre - marzo) se encuentra en los extremos 20%, superior o inferior, de la

distribución empírica correspondiente. Los años seleccionados en el periodo 1936 - 89, ordenados según la magnitud de la anomalía promedio de la TSM se indican en la Tabla 2.

Tabla 2. Eventos cálidos (El Niño) y fríos (La Niña) durante el verano e invierno australes, en el período 1936-89. El criterio de selección está explicado en el texto.

N°	invierno austral		verano austral (*)	
	Frío	Cálido	Frío	Cálido
1	1988	1987	1943	1983
2	1955	1972	1971	1941
3	1954	1983	1956	1973
4	1950	1965	1974	1958
5	1975	1982	1989	1987
6	1964	1957	1976	1966
7	1973	1941	1950	1940
8	1956	1940	1939	1988
9	1938	1969	1968	1942
10	1970	1951	1955	1969
11	1971	1963	1951	1952

(*) el año indicado corresponde al del mes de enero.

La Fig. 3 muestra la existencia de una significativa diferencia en la evolución de la anomalía media mensual de la TSM durante los eventos cálidos y fríos seleccionados en el invierno (mayo-septiembre) y en el verano (noviembre-marzo) austral. Los valores extremos de la TSM durante el invierno ocurren generalmente durante la fase de intensificación de los eventos cálidos y fríos (Fig.3a). Por el contrario, la Fig. 3b muestra que los valores máximos y mínimos de la TSM durante el verano se producen durante la fase de máximo desarrollo de los eventos cálidos y fríos.

La significancia estadística de las anomalías hidrológicas mensuales durante los eventos de El Niño y La Niña fue determinada mediante un

test estadístico de Monte Carlo, según el cual los caudales medios de ambos grupos fueron comparados con los percentiles 95% y 5% de la distribución empírica de caudales medios obtenidos mediante 500 agrupamientos al azar, cada uno integrado por un número de años igual al número de eventos cálidos (o fríos) considerados. Si el caudal durante los eventos El Niño (o La Niña) supera el valor medio climatológico y además excede el percentil 95% de la distribución empírica descrita, se le considera significativamente mayor que el valor medio climatológico. Un tratamiento similar se realiza para determinar que el caudal medio mensual durante los eventos El Niño (o La Niña) es estadísticamente inferior al valor medio climatológico.

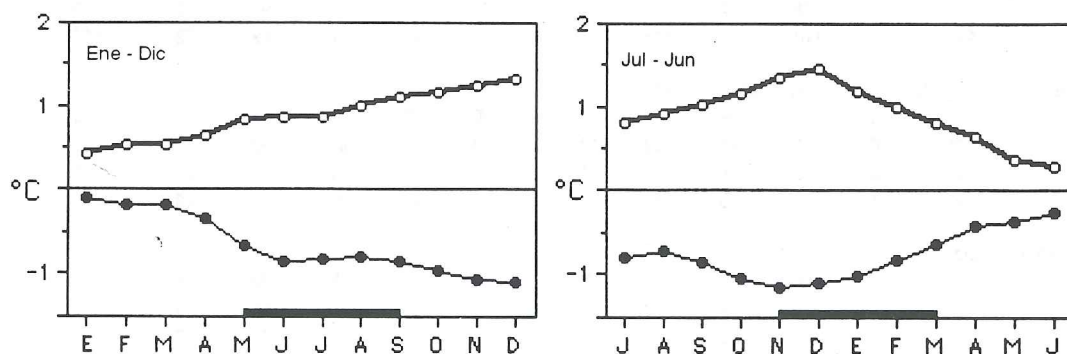


Fig. 3. Evolución de la anomalía promedio de la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial central, en los meses previos, durante, y en los meses siguientes a los eventos cálidos y fríos definidos de acuerdo a los valores medios del índice de anomalías de TSM en el periodo mayo-septiembre (a) y noviembre - marzo (b). Eventos cálidos y fríos están definidos en Tabla 1.

4. RESULTADOS

En la Tabla 3 se presentan los resultados más significativos del proceso de estratificación descrito para los diferentes registros hidrológicos disponibles. En el caso de los ríos Magdalena y Cauca, en el sector andino de Colombia, los caudales identificados por las letras C y F entre junio y noviembre, corresponden a los observados durante los eventos cálidos y fríos definidos en base a las condiciones extremas de TSM durante el invierno austral (mayo-septiembre), en tanto que

aquellos entre diciembre y marzo corresponden a los observados en los eventos cálidos y fríos, definidos según las condiciones extremas de TSM durante el verano austral (noviembre-marzo). Estos mismos eventos sirvieron para categorizar el incremento acumulado del nivel del lago Titicaca durante la temporada de lluvia en el Altiplano (diciembre - marzo). En los ríos chilenos (Aconcagua y Maipo) se presenta la evolución de los caudales de deshielo luego de inviernos cuando predominaron eventos cálidos y fríos en el Pacífico ecuatorial.

Tabla 3: Caudales medios mensuales e incremento acumulado del lago Titicaca: [F]: eventos fríos; [M]: valor medio; [C]: eventos fríos. Valores en negrita se diferencian significativamente del valor medio, a un nivel de confianza 95% de acuerdo a un test de Monte Carlo. Explicaciones adicionales en el texto.

Magdalena en Calamar (decenas m ³ /s) 10°15' N, 74°55' W												
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M
[F]	840	940	951	1008	1091	1194	1202	908	631	580	615	761
[M]	807	780	733	752	858	995	975	675	447	408	483	676
[C]	789	655	595	619	728	856	851	527	348	324	417	625
Magdalena en Puerto Berrío (decenas m ³ /s) 6°30' N, 74°23' W												
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M
[F]	307	269	247	267	351	393	324	239	243	276	323	354
[M]	270	226	202	210	297	341	258	182	173	191	268	323
[C]	222	189	182	181	255	299	218	148	128	142	230	270
Magdalena en Arrancaplumas (decenas m ³ /s) 5°11' N, 74°43' W												
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M
[F]	178	160	134	130	174	210	222	169	123	141	174	180
[M]	157	145	118	102	145	178	179	136	96	99	112	150
[C]	131	129	110	85	125	162	165	119	77	68	79	124
Cauca en La Virginia (decenas m ³ /s) 4° 54' N, 75° 53' W												
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M
[F]	76	56	41	43	68	107	111	84	81	90	85	85
[M]	60	40	29	28	50	81	77	57	51	50	62	72
[C]	54	33	24	20	39	67	62	37	32	30	48	64
Cauca en Juanchito (decenas m ³ /s) 3° 27' N, 76° 28' W												
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M
[F]	35	25	19	19	32	53	61	46	44	44	40	39
[M]	28	19	14	13	24	40	41	32	29	27	32	35
[C]	24	16	12	10	19	31	31	21	19	17	25	29
Incremento acumulado nivel lago Titicaca (en cm) en Puno												
	D	E	F	M								
[F]	3	25	57	73								
[M]	4	25	51	69								
[C]	3	22	34	42								
Aconcagua en Chacabuquito (m ³ /s) (32° 50' S, 70° 34' W)							Maipo en el Manzano (m ³ /s) (33°35' S, 70°24' W)					
	S	O	N	D	E	F	S	O	N	D	E	F
[F]	15	23	42	46	40	28	49	71	115	136	127	91
[M]	20	33	59	82	66	42	64	94	153	210	205	141
[C]	27	43	77	124	112	65	82	120	190	270	303	201

La Fig. 4 resume en forma gráfica el impacto de los eventos El Niño y La Niña en el sector andino de Colombia, el cual también se advierte en los resultados presentados en la Tabla 3 para diferentes estaciones de control hidrológico de los ríos Magdalena y Cauca. El registro fluviométrico del río Magdalena, en Calamar, representa un índice integrador de las condiciones hidrometeorológicas en gran parte del sector andino colombiano, incluyendo las cuencas de los ríos Cauca y Magdalena. En términos generales, resulta evidente del análisis de la Fig. 4 y de la Tabla 3 que los eventos de La Niña se asocian con caudales por encima de lo normal en tanto que durante los episodios de El Niño los caudales son deficitarios, siendo la diferenciación más marcada durante los eventos fríos.

En un análisis más detallado de la Fig. 4 se aprecia una diferenciación en el comportamiento hidrológico durante los

eventos cálidos y fríos, dependiendo de los meses del año considerados para su definición. En los eventos definidos de acuerdo a las condiciones de TSM durante el verano austral (Fig. 4a), se advierte que la magnitud de la anomalía media mensual del caudal disminuye en los meses siguientes al periodo de estratificación. Por el contrario, en los eventos cálidos y fríos definidos de acuerdo a la anomalía media de la TSM durante el invierno austral (Fig. 4b), la diferenciación con respecto al valor medio del mes aumenta durante el periodo utilizado en la estratificación, mostrando una notable persistencia hacia el periodo de primavera y verano siguientes. Esta situación, que sugiere un potencial de pronóstico para las condiciones durante el verano austral, se relaciona estrechamente con la evolución de las anomalías de TSM descritas en relación a la Fig. 3.

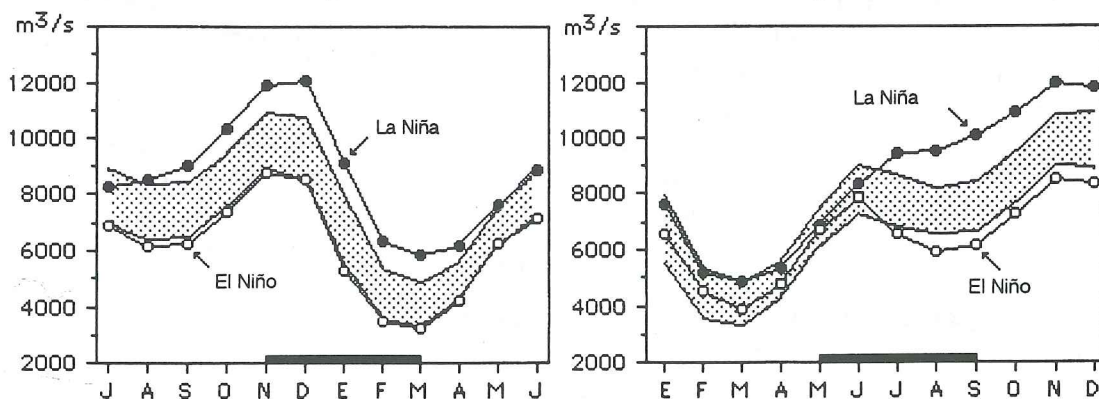


Fig. 4 Caudal medio mensual del río Magdalena en Calamar durante eventos cálidos (El Niño) y fríos (La Niña) en el Pacífico ecuatorial: a) eventos seleccionados de acuerdo a la anomalía media de TSM en el periodo noviembre-marzo; b) eventos seleccionados de acuerdo a la anomalía media de TSM en el periodo mayo-septiembre. Los años de cada grupo se indican en la Tabla 2.

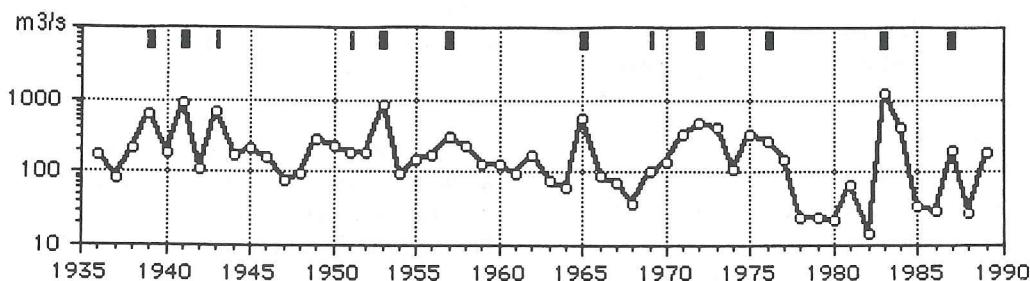


Fig. 5. Caudal medio del río Chira en Puente Sullana. Las barras verticales indican la ocurrencia de eventos de El Niño en la costa del Perú, catalogados como intensos, moderados y débiles (Quinn et al., 1978)

La Fig. 5 presenta los caudales medios anuales del río Chira, en la estación Puente Sullana, en el extremo norte de la costa peruana. Resulta evidente la tendencia a la ocurrencia de un caudal superior a lo normal durante los eventos El Niño. Un comportamiento similar se observa en otros ríos de la zona costera del sur de Ecuador y norte del Perú.

La influencia de la OS y de los fenómenos el Niño y La Niña sobre la precipitación y los recursos hídricos en los Andes centrales parece menos significativo que en otros sectores andinos, aunque estudios previos han documentado una tendencia a la ocurrencia de déficit pluviométricos durante los eventos El Niño (Thompson et al., 1984; Francou y Pizarro, 1985). En este estudio se ha utilizado un registro de la fluctuación mensual en el nivel del lago Titicaca, el cual representa un índice integrado de las anomalías pluviométricas durante la temporada de lluvia (diciembre - marzo) en el sector norte del Altiplano. En la Fig. 6 se muestra el incremento medio mensual del nivel del lago durante los eventos cálidos y fríos en el Pacífico central. Los valores correspondientes se incluyen en la Tabla 3. No se advierte un comportamiento significativamente distinto del promedio durante los episodios fríos. Durante los eventos cálidos, en cambio, los aumentos acumulados en el nivel del lago al 28 de febrero y 31 de marzo (34 cm, y 42 cm, respectivamente) son significativamente inferiores al promedio climatológico (51 cm y 69 cm), corroborando los resultados de estudios previos que sugieren una tendencia a la sequía durante los eventos El Niño.

Para el sector subtropical de la costa oeste del continente (Chile Central) existe abundante documentación del significativo impacto que la OS tiene sobre la variabilidad pluviométrica interanual, en el sentido que los eventos El Niño se

asocian con lluvias abundantes y los episodios de La Niña con una tendencia a déficit pluviométricos (referencias a estudios previos en Rutllant y Fuenzalida, 1991). Este comportamiento anómalo se refleja además en la variabilidad interanual de la acumulación de nieve en la cordillera y consecuentemente en el caudal de deshielo de los ríos andinos durante la temporada de primavera verano, tanto en el sector chileno (Aceituno y Vidal, 1991; Piechota et al, 1994), como en el argentino (Compagnucci y Vargas, 1993).

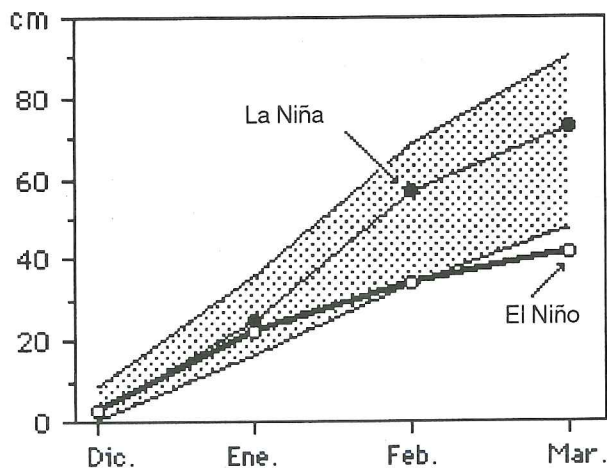


Fig. 6. Aumento promedio del nivel del lago Titicaca, a partir del 1 Diciembre, hasta el último día de cada mes, durante los episodios cálidos y fríos en el Pacífico central en el verano austral.

5. CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados presentados se derivan las siguientes conclusiones de carácter general:

a) La Oscilación del Sur, y en general las fluctuaciones en el sistema océano atmósfera en el Pacífico ecuatorial central relacionadas con los fenómenos El Niño y La Niña constituyen factores significativos de la variabilidad interanual en el caudal de los ríos en algunos sectores andinos.

b) En las regiones donde la OS explica una porción significativa de la variabilidad interanual de la precipitación, se observan fluctuaciones importantes en el grado de asociación entre ambas variables a lo largo del tiempo (Aceituno y Montecinos, 1993), lo cual constituye una limitación para el desarrollo de modelos estadísticos de pronóstico que utilizan la OS como elemento de pronóstico.

c) La mayor persistencia de las anomalías extremas de la TSM en el invierno austral, en comparación con las observadas durante el verano austral (ref. Fig. 3), permite concluir que el conocimiento de las condiciones anómalas de este parámetro en el invierno austral podría utilizarse como un antecedente importante en un pronóstico estadístico de anomalías pluviométricas y fluviométricas en los meses siguientes, en aquellas regiones donde la relación OS-precipitación es estadísticamente significativa.

d) Durante los fenómenos El Niño los ríos del sector andino de Colombia presentan caudales inferiores al promedio. Por otra parte, algunos grados de latitud más hacia el sur, y como resultado de precipitaciones anormalmente intensas en la sección inferior de las cuencas costeras del sur de Ecuador y norte de Perú durante estos episodios, se registra un excepcional aumento de los caudales, los cuales alcanzaron record históricos durante el mega-evento de El Niño de 1982-83. En el sector norte del Altiplano, el aumento inferior a lo normal en el nivel del lago Titicaca durante los veranos australes que coinciden con episodios de El Niño, confirma los resultados de estudios previos que han sugerido la existencia de una tendencia a déficit pluviométricos

durante estos eventos. En el sector andino subtropical se observa un significativo aumento en los caudales de deshielo, tanto en el sector chileno como en el argentino, durante el periodo de primavera-verano que sigue a un invierno en que la TSM ha sido anormalmente elevada en el Pacífico central. Este comportamiento anómalo es consistente con el aumento significativo de las precipitaciones invernales durante los episodios de El Niño, el cual ha sido extensamente documentado en estudios previos.

f) Durante los episodios La Niña, las series fluviométricas consideradas presentan anomalías por lo general opuestas a las descritas para la fase de El Niño, aunque no de igual intensidad. En efecto, este fenómeno parece tener un impacto significativo en la región andina de Colombia, donde se observa un notable aumento en los caudales, y en el sector andino subtropical, donde el déficit pluviométrico que generalmente ocurre durante estos eventos se traduce en caudales deficitarios durante la temporada de deshielo.

En resumen, los resultados presentados sugieren la necesidad de incorporar en el análisis de la variabilidad interanual de los registros fluviométricos andinos el impacto de factores atmosféricos y oceánicos de gran escala, entre los cuales los fenómenos El Niño y La Niña parecen determinantes en algunos sectores. Por otra parte, el considerable esfuerzo realizado durante la última década por desarrollar modelos de pronóstico de estos fenómenos, hacer mirar con optimismo la posibilidad de implementar en un futuro cercano esquemas de pronóstico estacional de precipitación y de caudales, hasta con un año de anticipación.

AGRADECIMIENTOS

Los datos utilizados en el presente estudio fueron gentilmente proporcionados por HIMAT-Colombia (ríos Magdalena y Cauca); Laboratorio de Física y Meteorología de la Universidad de Piura (río Chira), SENAMHI - Perú (actualización del registro del nivel del Lago Titicaca) SENAMHI - Bolivia (río Desaguadero) y la Dirección General de Aguas, Chile (ríos Aconcagua y Maipo).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

Aceituno, P., 1989: *On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part II: upper-air climate*. J. Climate, 2, 341-355.

Aceituno, P. y F. Vidal, 1990: *Variabilidad interanual en el caudal de ríos andinos de Chile Central en relación con la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico Central*. Rev. Sociedad Ing. Hidráulica. Vol. 5, N°1.

Aceituno, P. y A. Montecinos, 1993: *Análisis de la estabilidad de la relación entre la Oscilación del Sur y la precipitación en América del Sur*. Bull. Inst. Fr. Etudes Andines, 22 (1), 53-64.

Compagnucci, R. H. and W.M. Vargas, 1993: *Snowfall in the Cordillera de los Andes and ENSO events*. pp. 332-333 en: 4th Conference on S. Hemisphere Meteor. and Oceanography. American Meteor. Society. March 29 - April 1993, Hobart - Australia.

Francou, B. y L. Pizarro, 1985: *El Niño y la sequía en los Altos Andes centrales (Perú y Bolivia)*. Bulletin Inst. Francais Etudes Andines. Vol. XIV, N° 1-2, pp. 1-18.

Hastenrath, S., 1990: *Diagnostics and prediction of anomalous river discharge in Northern South America*. J. of Climate, 3, 1080-1096.

Kousky, V.E., M.T. Kagano, e I.F.A. Cavalcanti, 1984: *A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies*. Tellus 36A, 490-504.

NOAA-CAC: *Climate Diagnostic Bulletin* (varios números). Boletín mensual publicado por el Centro de Análisis Climático de la NOAA - USA.

Piechota T.C., J.A. Dracup, E.F. Brown, T.A. McMahon y F.H.S. Chiew: *Streamflow patterns in Panama and Chile associated with the extreme phases of the Southern Oscillation. Proceedings of 1994 Western Pacific geophysics Meeting. American Geophysical Union. Hong Kong 25-29 Julio, 1994.*

Quinn, W.H., D.O. Zopf, K.S. Short y R.T.W. Kuo Yang, 1978: *Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian droughts*. Fishery Bulletin, 76, 663-678.

Ropelewski, C.F. y M.S. Halpert, 1987: *Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation*. Mon. Wea. Rev., 115, 1606-1626.

Rutllant, J. y H. Fuenzalida, 1991: *Synoptic aspects of the Central Chile rainfall variability associated with the Southern Oscillation*. Int. J. of Climatology, 11, 63-76.

Thompson, L.G., E. Mosley-Thompson y B. Arnao, 1984: *El Niño-Southern Oscillation events recorded in the stratigraphy of the tropical Quelccaya ice cap, Peru*. Science, 226, 50-53.

Wright, P.B., 1989: *Homogenized long-period Southern Oscillation Indices*. Int. J. of Climatology, 9, 33-54.

EL EMBALSE SANTA JUANA

El embalse Santa Juana se ubica en la III región del país, en el Valle del Río Huasco, a 20 km. al oriente de la ciudad de Vallenar. Su finalidad es mejorar la seguridad de riego de unas 12.000 hectáreas con buena aptitud agrícola, con lo que se beneficia a 2.500 predios, de los cuales más de un 70% tiene una superficie menor a 12 hectáreas. La capacidad de almacenamiento del embalse es de 160 millones de metros cúbicos, con la cual se inunda una superficie de 410 ha.

Este embalse fue construido por la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas, entregándose al servicio oficialmente, en noviembre de 1995.

La presa

La presa del embalse es del tipo CFGD, (*Concret Face Gravel Dam*), formada por gravas compactadas con pantalla de hormigón en el talud de aguas



arriba, la cual se une a la pared moldeada construida hasta la roca basal. Sus dimensiones básicas son: altura máxima de 114 metros; longitud de coronamiento de 390 metros; taludes 1,6/1 y 1,5/1, aguas abajo y aguas arriba, respectivamente.

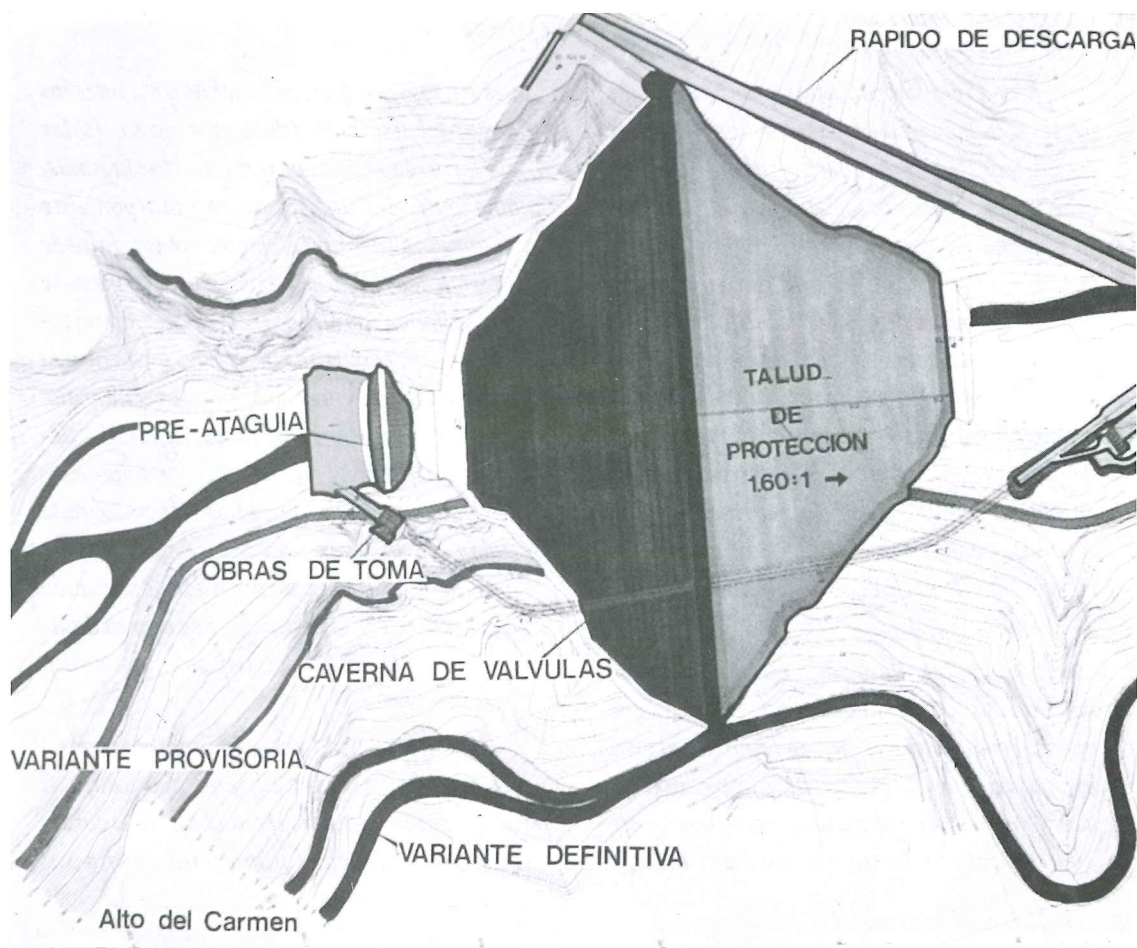
El Vertedero

El vertedero de la presa es de tipo lateral, con capacidad para evacuar la crecida milenaria de 1.075 m³/s y la crecida de verificación, decamilenaria, de 1.520

m³/s. Comprende un evacuador de 55 metros de longitud y un rápido de descarga de 307 metros de longitud.

Otras Obras

El embalse comprendió además la construcción de una variante del camino antiguo, de 13 kms. de longitud, un túnel de desviación de 416 metros de longitud y capacidad de evacuación de 127 m³/s, que corresponde a la crecida de período de retorno de 50 años.



Proyecto de Embalse Santa Juana. Disposición general de las obras.

De la inmensidad de ríos que nacen de esta cordillera y desembocan en el mar ()*

Fundó el Autor de la naturaleza la mayor parte de la fecundidad y amena hermosura de los chilenos campos en esta su cordillera, en quien, como en banco que no quiebra, depositó su riqueza para asegurar el anual tributo de tantos y tan copiosos ríos, fuentes y arroyos, con que los fertiliza y enriquece; que ni el país pudiera ser tan fértil y abundante con menos agua y humor¹ del que estas vertientes le comunican, ni éstas pudieran mantenerse todo el año con menos nieve de la que estos montes reciben en sus profundos huecos y anchurosos senos en el invierno, para sustentar el verano los muchos ríos que de ella nacen².

Cuántos sean éstos en número en sus nacimientos, parece imposible³ averiguarlo; pero no cuánta sea la abundancia de nieve de que nacen, porque aunque ésta no se puede ver en sí misma toda junta, por ser impenetrable el lugar donde se recoge cuando está lleno, pero puede colegir de sus efectos su grandeza,

pues sin los ríos, que son muchos y grandes los que corren al oriente a desaguar, ya en el Mar del Norte, ya en hondas y extendidas lagunas, como son las de Cuyo, los que corren al poniente y desaguan en el Mar del Sur, no contando los de la Tierra del Fuego y Estrecho de San Vicente y Magallanes, son al pie de⁴ cincuenta, que multiplicados por cuatro o cinco, pues serán tantos los que cada uno incorpora en sí en el camino, serán por todos más de docientos, los cuales llegan ya tan poderosos y llenos al mar donde desembocan, que algunos de ellos tienen sobrado fondo para navegar galeones y navíos de alto bordo, lo cual es de tanto mayor admiración cuanto es menor la distancia que corren desde su nacimiento a su fin, pues el que más no pasa de treinta leguas.

Da principio a este Reino en sus confines con el del Perú, en veinte y cinco grados, el río que llaman Salado, el cual baja de la cordillera por un profundísimo valle, y son sus

(*) Capítulo VIII de la obra "Histórica Relación del Reino de Chile", del Padre Alonso de Ovalle, publicada en Roma en 1646

aguas tan saladas que no se pueden gustar, y cuando tal vez llegan los caballos a beberlas, porque engañan fácilmente a la vista, por ser muy puras y cristalinas, se convierten después en sal con la fuerza del sol, y así parecen aljofarados los cuerpos, donde alcanzaron a salpicarse con la cola.

Síguese a éste el río de Copiapó, en veinte y seis grados, el cual corre veinte leguas de oriente a poniente, y desemboca en el mar en una bahía que sirve de puerto a los navíos; y a veinte y ocho grados hace otra semejante al del Guasco, que también sirve de puerto. Síguese luego el de Coquimbo, en treinta grados escasos, cuyo puerto es una hermosísima ensenada cubierta toda de frescos y vistosos mirtos y arrayanes y de otros muchos árboles que, continuándose la tierra adentro hasta cerca de la ciudad, hacen una hermosa y muy apacible alameda que, sin necesidad de artificio humano, deja muy atrás los primores y curiosidad del arte. Péscanse en esta costa los atunes, albacoras y varias suertes de regalados peces, ostiones y gran diversidad de marisco.

Están juntos al río de Coquimbo, el de Tongoy y el de Limari, a treinta grados y medio también escasos. Y luego, al grado treinta y uno, desemboca el de Chuapa⁵, en cuya costa se coge un género de muy regalado marisco, que llaman tacas⁶ y otros de otras suertes. Entre el grado treinta y uno y treinta y dos, entran en el mar los ríos Longotoma y La Ligua y, cerca de treinta y tres, el de Aconcagua (que es el que baja por el camino que hemos dicho de la cordillera). Es éste muy caudaloso, y con venir comunicándose a la tierra desde su nacimiento por los valles de Curimón, Aconcagua, Quillota y Concón, que son muy grandes y se cultivan todos de grandes sementeras de trigo, lino y cáñamo, con todo eso⁷ llega al mar tan lleno como sino le hubieran sangrado en el camino por tantas partes, para regar los campos, que viene fertilizando.

Síguese a treinta y tres grados y medio el famoso Maipo, que no sé si lo es más por la buena fama que le merece su opulencia y buenas cualidades, que por la mala del mal pasaje que ha hecho a tantos como en él se han ahogado y cada día se ahogan; es tan rápido en su corriente y algunas veces se ensoberbece y crece tanto, que no hay puente, por fuerte que sea, que no se la lleve por delante; a cuya causa no tiene hoy otra que de muchas maromas⁸ juntas, que atraviesan de una parte a otra. Son sus aguas de ordinario turbias, y como entra con tan grande ímpetu en el mar, le hace retirar y se hace lugar en él, de manera que por un grande espacio se señala con un círculo o punta de diamante, que divide sus aguas de las del mar, y es tan patente esta división, que se conoce a gran distancia. Está la agua de este río siempre muy fría, y satisface mal la sed, porque es algo salobre, y por esto es muy sabrosa la carne de los carneros que pacen en su ribera. Péscanse aquí muy regalados peces, particularmente truchas de mucha estima.

Entran en este río, entre otros, el de Santiago, que llaman de Mapocho⁹, el cual, dividido y desangrado en varias acequias por donde se reparte y comunica a la tierra; baña y riega todos los campos de su jurisdicción, y algunas veces más de lo¹⁰ que quisiéramos cuando se enoja y sale de madre. A poco espacio, después de haber pasado por la ciudad, se esconde todo dentro de la tierra, formando en ella una dilatada puente de más de dos y tres leguas, debajo de la cual corre sin ser sentido, hasta que al cabo de este espacio sale brotando a borbollones por entre unos ca[r]rizales¹¹, purificadas sus aguas y más claras y limpias que un cristal, de manera que aunque parece que muere hundiéndose debajo de la arena, es para renacer más purificado, más crecido y lleno otro tanto más de lo que parecía aun antes de difundirse y derramarse por la tierra. A dos leguas de este nacimiento se ve un antiguo y muy ilustre

convento de S. Francisco, que por estar a vista de unos inmensos bosques, llaman S. Francisco del Monte, donde ha habido santísimos religiosos de los primeros fundadores de aquella santa Provincia que, con tanto ejemplo y crédito de su religión, se emplean en el culto divino y ayuda de los prójimos.

También se junta con Maipo el río de Poangue¹², que corre así mismo por debajo de la tierra muchas leguas. No renace éste más purificado ni mejorado en sus cualidades, porque sus aguas son desde su nacimiento tan delicadas, tan cristalinas y suaves, que no pueden mejorarse, porque no tiene su origen, como otros, de la nieve, sino de minerales de oro por cuyas vetas, como por arcaduces de este precioso metal, corre en canalado y ceñido de la una y otra banda, de hermosísima arboleda, y así sus aguas son tan saludables, que ellas por sí solas son medicina y ayudan tanto a la digestión que, aunque uno haya excedido en la comida más de lo que abraza el estómago, echándose un jarro¹⁸ de agua se siente desembarazado y con nuevo apetito de comer; ni está ocioso el tiempo que va debajo de la tierra, porque comunicándose a todo el valle por sus venas soterráneas, le da tanto jugo y virtud que, aunque en todo el verano no llueve sobre él una gota de agua ni tiene otro ningún riego, no le echa menos para llevar tan sazonado fruto como el más regalado con el riego del cielo y de la tierra, ni he visto en parte ninguna más grandes ni más sabrosos melones, ni más crecido y vicioso¹⁴ el maíz, que en este¹⁵ valle.

Entran también en Maipo otros dos ríos, que llaman de Colina y Lampa, los cuales, juntándose entre sí a diez o doce leguas de su nacimiento, forman la famosa laguna que se dice de Pudagüell¹⁶, tan profunda, que tiene sobrado fondo para navíos. Corre esta laguna una o dos leguas a lo largo, marginada toda de hermosos sauces y maitenes, que son a manera de laur[e]les¹⁷ y se conservan lozanos y verdes

todo el año, y para que no le falte nada de recreo, cría dentro de su seno las más regaladas truchas y bagres que se conocen, y algunas veces tanta abundancia, que se pescan con gran facilidad, y suele ser éste uno de los mayores recreos de la ciudad de Santiago.

Otras lagunas, que llaman de Aculeo, desaguan también en este río de Maipo por la otra banda, por donde se le junta el río Claro y otros. Críanse en ella los pejerreyes de más¹⁸ de palmo, cuyo nombre declara bien la excelencia que tiene sobre otros peces; algunos años se pescan éstos con tanta abundancia que puede buena parte de la ciudad hacer con ellos la cuarema, sin comprar pescado del mar, que aunque es muy bueno y regalado, nunca llega a la delicadeza y perfección del de los ríos y agua dulce, que éste es tan suave y sano que se suele dar a[u]n¹⁹ a los enfermos.

Después de Maipo, entra el río de Rapel²⁰, en nada inferior a su grandeza, el cual hace su entrada en el mar en treinta y cuatro grados y minutos, y cuatro o cinco leguas antes, se juntan entre sí para formarle los tan nombrados en aquel reino, Cachapoal y Tinguiririca, no menos deudores a la naturaleza humana que el de Maipo, por la mucha gente que ha consumido su furioso raudal y rápida corriente. Juntanse a éstos, entre otros, el de Malloa y Chimbarongo, en cuya ribera tiene la religión de N[uest]ra²¹ Señora de las Mercedes un religioso convento para doctrina, edificación y enseñanza de toda aquella tierra; y más abajo, tiene otro con título de Santa Inés para el mismo efecto, y vecino a él tiene la Compañía de Jesús fundado un noviciado, con quien a una legua confina otra casa de los padres de Santo Domingo; y las tierras y valles intermedios²² son de gran jugo²³, de abundantísimos pastos para la engorda de los ganados, y tienen otras buenas calidades que los hacen de grande estimación.

Adelante de Rapel entra el río de Lora, en treinta y cuatro grados y tres cuartos, y en éste el de Teno, Peteroa y M[a]taquito²⁴, no menos tragadores de gente que los referidos, porque suraudal y corriente no es menos formidable. Riegan estos ríos fertilísimas tierras y deliciosos campos, muy acomodados para la cría, sustento y multiplico²⁵ de los ganados, y por esto están todas ocupadas sin que huelgue²⁶ ni un palmo de tierra.

Aparece a treinta y cinco grados el caudaloso Maule, en cuyos términos rematan los de la jurisdicción de Santiago y su obispado; y todo lo que éstos encierran, hasta los de Rapel, Cachapoal y Ting[u]iririca²⁷, llamaron los indios, *promocae*²⁸, que quiere decir lugar de bailes y alegrías, para significar las delicias de estos países.

No se engañaron²⁹ en esto, porque verdaderamente les viene ajustado el nombre. Ponderé una vez, haciendo viaje por esta tierra, que llegando a un lugar o estancia de algún español me decía tales alabanzas y contaba tan excelentes propiedades y cualidades de ella, que hacía yo juicio que no se hallaría en otro lugar cosa semejante; pero pasando a otra estancia, me refería su dueño otras de la suya, tan admirables que ya no me parecían tan extraordinarias las primeras. De esta manera fui corriendo³⁰ por aquella tierra, viendo a cada uno tan enamorado de la suya, que últimamente me sirvió esto de estimarlas a todas y a hacer concepto de la excelencia y grandeza de todo el país por su buen temple y por su regalo, ya de la caza de perdices y otras aves y animales, ya de los ríos, donde se pescan con tanta facilidad y abundancia los pejerreyes y las truchas, que las cogen cuando quieren, porque las tienen casi tan seguras como en estanque; oí contar a muchos varias veces que si estando ya sentados a la mesa se les antojaba una trucha fresca, no tenían sino enviar a pescarla, y que ante de levantarse se la traían aderezada como gustaban.

Entran en Maule el río Claro y el de Cauquenes, y aunque es doblado más caudaloso que los referidos, se ahoga menos gente en él, porque junto al mar, cerca del astillero de los navíos que allí se fabrican, se explaya y hace una hermosa tabla³¹, donde tiene el Rey un barco para el pasaje todos los que van y vienen. Tiene aquí un religioso convento la religión de San Agustín³², para ayuda de los españoles, indios y negros que habitan las riberas y valles de este río, que son muchos, divididos en varios lugares, que son como aldeas y se llaman estancias.

Con esto nos hallamos ya en la jurisdicción de la ciudad de la Concepción (donde reside el gobernador, y es presidio de la milicia) y en la del obispado de la Imperial, que comienza de este río, al cual está inmediato el noble y apacible Itata, tres tantos más ancho y caudaloso que el de Maule, y hace boca en el mar a treinta y seis grados escasos; corre más profundo y hundido entre barrancas, y así es menos útil a la tierra, por no poder regarla; pásase con balsas, y en algunas partes tiene vado; entra en él, a medio camino, el furioso [Ñ]uble³³, que baña los muros de la ciudad de San Bartolomé de Chillán, antiguo presidio de españoles y calificada prueba de su gran valor y fe.

Síguese inmediata a este río la espaciosa y alegre bahía de la Concepción, donde desemboca el grave y reposado Andalién, a treinta y seis grados y tres cuartos, y otro río menor, que pasa por dentro de la ciudad despeñándose primero de una alta quebrada, por donde viene ofreciéndose a la industria humana para labrar sobre él alegres fuentes entre mil amenidades y bosques de laureles, mirtos y otros árboles de extremada fragancia y olor, que de lo alto vienen hermozeando sus riberas a gran trecho, y como viene cayendo de tan alto, convida a cada paso con famosos heridos³⁴ para fábricas de molinos, de que hay ya buen número para el sustento de la ciudad.

A dos leguas de esta bahía entra el tan celebrado en las historias Bío-Bío, en treinta y siete grados, y es el más poderoso de todos los demás de Chile. Tendrá de ancho dos o tres millas, más o menos, conforme crece o mengua, que para venir de tan cerca es mucho, aunque no es esto lo que le hace más digno de sus alabanzas, sino las saludables aguas de que se compone, y dejando apart[e]³⁵ la excelencia de pasar destiladas por entre vetas de oro, porque ésta es muy común a los demás de este Reino, tiene una singular, de un río que entra en él, el cual nace y pasa por entre zarzaparrillares que, comunicándole sus virtudes y cualidades, hacen sus aguas salutíferas y contra muchas enfermedades.

Es tradición que este río, arriba, en su nacim[i]ento³⁶, antes que entrase en esta tierra el español, se labraban riquísimas minas, con cuya noticia envió el presidente D. Alonso de Sotomayor, al principio de su gobierno, un trozo³⁷ de soldados que las reconociesen, como lo hicieron; aunque siendo sentidos de los indios enemigos, los aguardaron a la salida y tuvieron con ellos una reñida batalla, de que hicieron harto en escapar con las vidas; es cosa muy propia de esta gente el encubrir a los europeos y españoles los tesoros y riqueza de su tierra, como queda dicho.

Es este río la raya que divide a los españoles y indios amigos de los enemigos, y crece de invierno de manera que se cierran los vados, y no pudiendo pasar de una parte a otra, da lugar a los soldados a tomar resuello, para comenzar de nuevo sus entradas y correrías, la primavera. No tiene el enemigo ningún presidio de su parte, por fiar su seguridad de los montes, donde a sus tiempos se retira. El español tiene muchos fundados sobre este río, con que enfrena y tiene a raya el orgullo y furor de su poderoso contrario, que le ha dado en qué entender, él solo, más que todo el resto de la América.

Las dos más principales fortalezas, fuera de las que tiene en las ciudades de la Concepción y Chillán, son la de Arauco y S. Felipe, donde habrá de ordinario mil y cuatrocientos españoles, fuera de los indios amigos, que son muchos; está aquélla sobre el mar, y ésta más arrimada a la cordillera. Otras hay intermedias de la una y otra banda de este río, y otras más adelante, en las mismas tierras del enemigo. Acuérdomé de nueve en particular, que son [n]³⁸ la de Angol, del Nacimiento, de Santa Juana, de S. Rosendo, de Buena Esperanza, de Tal[cama]huída³⁹, de S. Pedro, de Colcura y la de Lebo⁴⁰, todas artilladas y con suficiente número de soldados, y dispuestas a tal distancia y proporción, que en muy poco tiempo se da el aviso que es necesario desde la primera hasta la última, correspondiéndose con los tiros de artillería para entenderse, conforme están ya de concierto.

Tiene aquí la Compañía de Jesús dos residencias o presidios espirituales, uno en Arauco y otro en Buena Esperanza, de donde salen los nuestros a hacer también sus correrías y entradas, no contra los hombres, sino en favor de sus almas, contra el infierno, de quien cada día [a]lcanzan⁴¹ gloriosas victorias, con admiración del mundo y gloria del cielo, como se verá en su lugar, que ahora es fuerza seguir el curso comenzado de estos ríos.

Después del de Bío-Bío se siguen otros cuatro muy inferiores a su grandeza: son éstos el de Colcura, el de Arauco, el de Lavapié y de Lebo, que desemboca en treinta y ocho grados escasos, y poco más adelante, el de Ralemo, que más vecino a su nacimiento se llama Coipú⁴². Hace su entrada en treinta y nueve grados no cumplidos, el alegre y apacible río de la Imperial, habiendo primero incorporado en sí el que llaman de las Damas, por sus delicadas aguas y mansa corriente; más arriba recibe también, fuera de otros, el de Curarava⁴³ y Eyou⁴⁴, los cuales, antes de juntarse con éste,

dejan hecha la célebre laguna de Purén, incontrastable presidio que ha sido siempre del enemigo, donde se tenía por más seguro del español que éste en los suyos.

Medio grado más arriba del río Cautén⁴⁵, que es el mismo de la Imperial, paga

el de Toltén su tributo al mar, y es de tan buen rondo, que entran navíos en él; y a ocho leguas de distancia hace lo menos el de Queule que, si bien pequeño, todavía⁴⁶ es suficiente para que entren barcas por él, y está distante del río de Valdivia, norte sur, nueve leguas.

Notas

- 1 humedad; cf. en Cascales, t. 11, p. 163, nota 5
- 2 A, se nacen; B, nacen (E).
- 3 A, imposible; B, impusible; vid. lib. 1, cap. 5, notas 19 y 31
- 4 alpie de, "Sobre poco más o menos", Font., s.v. pie.
- 5 Chuapa = Choapa; cf. Riso Patrón
- 6 taca, "molusco chileno, conchífero, comestible, común en los mares de Chile, especialmente en el archipiélago de Chiloé. Su nombre científico es *Venus dombeyi*", Román; tb. Acad. Es voz mapuche, de la cual hay variantes taca, traca y chaca
- 7 A, esto; B, esso
- 8 maroma, "Las cuerdas gruesas, de las cuales principalmente usan los marineros y así tomó el nombre de la mar", Cov.; tb. Aut. y Acad.
- 9 A, Mapocho; B, Mapochó. El uso del acento no es sistemático ni siempre consecuente en Ovalle, pero aquí adquiere particular significación, pues al corregir B lo que suponía un yerro de A, otorgó énfasis al acento. En todos los casos restantes, tanto A como B escriben Mapochó, y en efecto, hallamos que la pronunciación oxitona, inexistente hoy se usó en un tiempo...
- 10 AB, los (E)
- 11 AB, carizales
- 12 Poangue = Puangue; cf. Riso Patrón
- 13 A, Jarro; B, jarro
- 14 abundante y deleitoso; cf. en Cascales, t. 1, p. 58, nota 8; tb. Acad., 4ª acep.
- 15 A, esto; B, este
- 16 Pudagüell = Pudahuel; cf. Riso Patrón
- 17 AB, laurales
- 18 A, msas; B, mas
- 19 AB, ann
- 20 A, Papel; B, Rapel
- 21 AB, Nüesta
- 22 A, intemedios; B, intermedios
- 23 A, Iugo; B, jugo. "Lo provechoso útil y substancial de cualquiera cosa materiale inmaterial" Acad., 2ª acepción
- 24 AB, Metaquito; trad. it: Teno, Peteroa e Mataquito
- 25 multiplico, "multiplicación, reproducción"; cf. Aut. y Acad.
- 26 AB, hulgue (E)
- 27 AB, Tingiririca

- 28 *Promocaes = Promaucaes.*
- 29 *AB, engañaron*
- 30 *correr, "recorrer", Acad. 25ª acep.*
- 31 *"tabla de río". "La parte por donde corre más extendido y plano, de modo que casi no se percibe su corriente", Aut.; tb. Acad.*
- 32 *Augustín = Agustín. La forma usada por Ovalle es más culta y latinizante*
- 33 *AB, Nuble*
- 34 *herido, "Acequia o canal que da movimiento a la rueda de un molino", Román*
- 35 *AB, a parte*
- 36 *AB, nacimiento*
- 37 *Mil. "Cada una de las dos partes en que se dividía una columna", Acad. 3ª acep.*
- 38 *AB, sou*
- 39 *AB, Talmacafuida. Talmacafuida = Talcamávida*
- 40 *Lebo = Lebu*
- 41 *AB, elcanzan*
- 42 *AB, Coypu; posiblemente se trate del río llamado hoy Coipué.*
- 43 *Curarava = Curalava; cf. Riso Patrón*
- 44 *AB, Eyou; Reproducimos la transcripción del texto español, dejando constancia de que parece corresponder al río Elor*
- 45 *Cautén = Cautín; cf. Riso Patrón*
- 46 *"Con todo eso, no obstante, sin embargo", Aut.; tb. Acad., 3ª acep.*