

Revista Latino-Americana de Hidrogeologia



Número 2 – Setembro / 2002

Revista Latino-Americana de Hidrogeologia



Revista Latino-Americana de Hidrogeologia

Esta publicação poderá ser obtida em permuta, junto à

Universidade Federal do Paraná
Biblioteca Central - Seção de Intercâmbio
Caixa Postal, 19.051
81531-990 Curitiba - Paraná - Brasil
e-mail: inter@ufpr.br
Fone: 55 55 (41) 360-5290

CATALOGAÇÃO NA FONTE

Coordenação de Processos Técnicos. Sistema de Biblioteca. UFPR

REVISTA LATINO-AMERICANA DE HIDROGEOLOGIA /
Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea
para el Desarrollo. - n.º 2, (2002)-. Curitiba : ALHSUD,
2002.

Periodicidade anual
ISSN 1676-0099

1. Hidrogeología. 2. Águas subterráneas. I. Asociación
Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el
Desarrollo.

CDD 551.4905
CDU

PRINTED IN BRAZIL
Curitiba, 2002-09-15

IMPRENSA UNIVERSITÁRIA
Rua Bom Jesus, 650 - Juvevê
Tel./Fax: (41) 252-6712
80035-010 Curitiba - Paraná - Brasil

PEDE-SE PERMUTA
WE ASK FOR EXCHANGE

Revista Latino-Americana de Hidrogeologia

Publicação oficial da Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo



CONSELHO EDITORIAL

Editores: Ernani Francisco da Rosa Filho (ernani@ufpr.br)
Eduardo Chemas Hindi (hindi@geologia.ufpr.br)

Corpo Consultivo:

Mario Hernandez; Nilda Gonzáles; Ofelia Tujchneider (Argentina)
André Virmond Lima Bittencourt; Ricardo Hirata; Uriel Duarte (Brasil)
Carlos Espinosa ; Luibow Nikolaivna Gonzales; (Chile)
Rosa María Valcarce Ortega; Willy Rodríguez Miranda (Cuba)
Carlos Molano (Colômbia)
Mario Enrique Arias (Costa Rica)
Joel Carrillo; Maritza Esteller; Miguel Rangel Medina; (México)
Oscar Cruz Melendez (Nicaragua)
Fernando Larroza (Paraguai)
Jorge Montaña Xavier (Uruguai)

Diagramação e formatação: Dulce Bueno

Capa: Wilson Moacir Voitená



Asociación Latino-Americana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo

Presidente : **Mario A. Hernández (Argentina)**

Cátedra de Hidrogeología UNLP – Calle 3 No 584 (1900) La Plata. Argentina.

Tel-Fax 54 221 4801806 ; 54 221 229923

E-mail: Mario_h@sinectis.com.ar; igs@museo.fcnym.unlp.edu.ar

Vicepresidentes: **Joel Carrillo (México)**

Filadelfia 109 – 704 Mexico DF. Tel 525 543 5417 Fax 525 584 1923

E-mail: cigaihsud@internet.com.mx

Ernani Francisco da Rosa Filho (Brasil)

Maurício Nunes García 425 Curitiba, Brasil. Tel 41 262 8628 Fax 41 267 7910

E-mail: ernani@setuva.geologia.ufpr.br

Germán Galarza (Colombia) †

Escuela de Ing. Autopista Norte Km 13. Bogotá, Colombia. Tel 571 676 3888 Fax 571 676 2340

E-mail: Ggalarza@escuelaing.edu.co

Diosdado Pérez Franco (Cuba)

CIH/ISP JAE Apartado 6027 CP 10600. La Habana, Cuba. Tel 53 720 1416 Fax 53 727 2964

Email: Fperezpm@cih.ispjae.edu.cu

Secretaría General: **Oscar Cattaneo (Uruguay)**

OSE-J.Carlos Roxlo 1275 – Piso 4 . Montevideo, Uruguay. Tel 598 2 409 4476

Fax 598 2 400 1151/59 int. 417

E-mail: lrocha@adinet.com.uy

Secretaria Adjunta: **Lourdes Rocha (Uruguay)**

E-mail: lrocha@adinet.com.uy

Consejo Directivo: **Alejandro Grilli (Chile).** Pres. Balmaceda 1398/12. Santiago. Chile. Tel. 562 6942150

E-mail: agrilli@emos.cl

Oscar Cruz Melendez (Nicaragua). Mons. Lescano 100M W 225 AL S. Managua. Nicaragua.

Tel. 2682926 - 278698

E-mail: ocm1965@hotmail.com

Norberto Bucich (Argentina). Riglos 1169. Buenos Aires. Argentina. Tel. 54 11 923 5577

E-mail: ngbucich@movi.com.ar

Annkarin Kimmelman (Brasil). Rua Lago 562. Cidade Universitaria. San Pablo. Brasil

Tel. 5511 818 4214.

E-mail: akim@usp.br

Guillermo Fernández (México). Rey Moctezuma Mz. 106, Lote 15, Col. Aju. Coyoacan. México.

E-mail: ghdez@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

Fernando Larroza (Paraguay). Indergur Filadelfia CC 984/273. Chaco. Paraguay.

Tel. 00595 912275.

E-mail: gchaco@quanta.com.py

PRESENTACION

ALHSUD tiene la inmensa satisfacción de producir el segundo número de la Revista Latino-Americana de Hidrogeología, en un esfuerzo por garantizar la continuidad de esta publicación en momentos muy delicados para la economía de la región, y tener en preparación el tercero con una selección de trabajos presentados al XXXII IAH Congress y VI Congreso **ALHSUD** (Mar del Plata, 2002).

A ese esfuerzo concurren fundamentalmente la labor de los Editores Drs. Ernani Francisco da Rosa Filho y Eduardo Chemas Hindi, y la cooperación de la Universidade Federal do Paraná (Brasil) a través de su Imprensa Universitária.

Contiene este número trabajos producidos en el marco de la Red Iberoamericana de Vulnerabilidad de Acuíferos, promovida por el CYTED (Cooperación Iberoamericana para la Ciencia y Tecnología), presentados en un Taller celebrado en Havana (Cuba) en Abril de 2002 bajo la coordinación del distinguido colega hispano Dr. Fernando López-Vera, de la Universidad Autónoma de Madrid.

La Red XVII-A forma parte del Subprograma XVII dedicado a los Recursos Hídricos de Iberoamérica y está integrada por treinta y dos grupos de investigación de los veintiuno países Iberoamericanos incluidas España y Portugal. Tiene como objetivo el fomentar la cooperación en la investigación conjunta para la conservación de las aguas subterráneas.

El Subprograma de Recursos Hídricos (Subprograma XVII) y las Redes que lo integran se constituyó durante una reunión celebrada en Mar del Plata (Argentina) en Marzo/2000 y fue aprobado por el CYTED el mismo año. El taller de Havana es el segundo, luego del realizado en Toluca (México) en abril del 2001.

Los trabajos presentados en estas reuniones se han publicado en la página Web <http://tierra.rediris.es/hidrored>. Otras actividades desarrolladas han sido la preparación de un proyecto conjunto de investigación entre Argentina, Brasil y España para el estudio de la contaminación por nitratos de acuíferos semiconfinados, con financiación del Centro de Estudios para América Latina (CEAL) del Banco de Santander y emprendimientos en cooperación con el CIRA (Centro Interamericano de Recursos de Agua) de México y la Universidad San Pablo de Madrid (España).

La red está trabajando en la preparación de un manual en el que participan nueve autores de siete países y un libro de divulgación. Para el bienio 2002-03 están programadas sendas reuniones de coordinación de la Red en Itpachan de la Sal (México) y San José de Costa Rica y colaborar en el Congreso Internacional sobre vulnerabilidad de acuíferos que se celebrará en Salamanca (México).

Es propósito de **ALHSUD** y de la Red coordinada por el Dr. López Vera, profundizar y hacer frecuentes los emprendimientos en común en el área latinoamericana, una muestra de lo cual lo constituye esta publicación.

Prof. Dr. Mario A. Hernández
Presidente de **ALHSUD**

SUMÁRIO

- 9 ESTRATEGIAS PARA PROTEGER LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CONTAMINACION
F. LÓPEZ-VERA
- 17 USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS
M.V. ESTELLER
E. QUENTIN
C. DÍAZ-DELGADO
- 31 VULNERABILIDAD A LA INTRUSIÓN MARINA DE ACUÍFEROS COSTEROS EN EL PACIFICO NORTE MEXICANO; UN CASO, EL ACUÍFERO COSTA DE HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO
M. R. MEDINA
R. M. SAAVEDRA
M. M. MONTAÑO
J. C. GURROLA
- 53 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN SISTEMAS FISURADOS
J. M. XAVIER
E. F. da ROSA FILHO
E. C. HINDI
- 63 ÁREAS DE VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFERO CÁRSTICO CAUSADA PELA EXPLOTAÇÃO DE POÇOS TUBULARES (ESTUDO DE CASO DE ALMIRANTE TAMANDARÉ-PR, BRASIL)
E. F. da ROSA FILHO
E. C. HINDI
J. M. XAVIER
L. R. F. da LUCENA
A. del R. GUÉRÉQUIZ
- 71 PROCESOS GEOQUÍMICOS NATURALES E INDUCIDOS POR EL HOMBRE EN ACUÍFEROS KÁRSTICOS COSTEROS. CASO DE ESTUDIO: SECTOR HIDROGEOLOGICO GÜIRA QUIVICÁN (CUENCA SUR DE LA HABANA)
J. R. FAGUNDO
P. GONZÁLEZ
S. JIMÉNEZ
M. SUÁREZ
J. FAGUNDO-SIERRA
A. GONZÁLEZ
E. ROMERO
D. ORIHUELA
- 81 CARGA CONTAMINANTE Y PELIGROS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS
R. HIRATA

- 91 MODELO DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN EL CENTRO-OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA FE (ARGENTINA)
O. TUJCHNEIDER
M. PARIS
M. D'ELÍA
M. PEREZ
- 103 VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS FRENTE AL USO DE AGUAS RESIDUALES Y LODOS EN AGRICULTURA
M.V. ESTELLER
- 115 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA Y SU ADECUACIÓN MEDIANTE UN MODELO DE FLUJO CON TRAZADO DE PARTÍCULAS PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO DEL CURSO ALTO DEL RÍO LERMA, ESTADO DE MÉXICO
J. GÁRFIAS
R. FRANCO
H. LLANOS
- 127 AREAS DE RESERVA: SOLUCION ALTERNATIVA A LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEas EN AREAS URBANAS
M. PEREZ
O. TUJCHNEIDER
M. PARIS
M. D'ELÍA

ESTRATEGIAS PARA PROTEGER LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CONTAMINACION

Fernando LÓPEZ-VERA¹

RESUMEN

La inclusión en las agendas y el ciclo político de estrategias de gestión de calidad de las aguas, es un proceso que suele ser largo y que se produce como resultado de presiones sociales y mediáticas. Hasta la fecha las estrategias de conservación de la calidad, cuando se han formulado se han centrado en la protección de la captación de agua, mediante perímetros de protección que se determinan mediante el área de captura, el tiempo de tránsito, comportamiento hidráulico del acuífero o la distancia de la fuente de contaminación. Otras líneas de actuación mas amplias se dirigen al acuífero, estableciendo una cartografía de vulnerabilidad a la contaminación y de redes de control, mediante pozos y piezómetros de observación y muestreo, en correspondencia a la importancia social y económica del recurso.

Estas estrategias han resultado insuficientes, siendo necesaria la integración de estas medidas en programas más amplios que contemplen el manejo de contaminantes control de vertidos en origen y la ordenación del territorio

Palabras Clave: Perímetros de protección de pozos, vulnerabilidad de acuíferos, aguas subterráneas, programas de gestión de calidad del agua.

ABSTRACT

The inclusion of strategies for the management of water quality in the political agendas is a long process which is achieved by means of social and mediatic pressures. To date, these strategies have been focussed on the protection of water captation, using perimeters of protection which are determined by the captation area, the transit time, the hydraulic behavior of the aquifer, or the distance from the pollution source. Other working lines are centered in the aquifer, establishing a mapping of its pollution vulnerability and control networks, using test pits and piezometers of observation and sampling, considering the social importance of the resource. These strategies are insufficient and it is necessary an integration of theses measures in broader plans which take into account the handling of contaminants, the control of wastes in their origin and the ordenation of the territory.

Key Words: Perimeters of protection, aquifer vulnerability, ground waters, programs of management of water quality.

Introducción

De acuerdo con el Diccionario de la Lengua Española, estrategia es, "en un proceso regulable, el conjunto de las reglas que aseguran una decisión óptima en cada momento"; en la practica la toma de decisión suele estar retro-alimentada con interacciones complejas lo que provoca que se vayan adoptando decisiones sucesivas, vinculando y limitando las anteriores a las subsiguientes. De esta forma las decisiones primeramente adoptadas son más estratégicas que las adoptadas con posterioridad. Por tanto,

las alternativas consideradas en fases iniciales son más estratégicas que las contempladas con posterioridad. En los tres niveles de actuación: toma de decisión, análisis de alternativas y evaluación, los niveles estratégicos suelen tener un mayor grado de abstracción que los niveles posteriores que suelen tener un nivel mayor de concreción.

Suele considerarse que el nivel más abstracto corresponde a la "política", considerada como la idea y guía de una acción. Los niveles progresivamente más bajos de

¹ España. Universidad Autónoma de Madrid. E-mail: fernando.lopez-vera@uam.es

USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) PARA LA DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS

Esteller, M.V.¹
Quentin, E.
Díaz-Delgado, C.

RESUMEN

La validez y fiabilidad de los mapas de vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación depende en gran medida de la disponibilidad de una cantidad importante de datos de gran calidad y de su posterior tratamiento. Integrar esta información en un Sistema de Información Geográfica (SIG) sirve para asegurar su representatividad, disponibilidad oportuna y manejo de la misma. Ante esta situación se ha diseñado un SIG para el estudio del acuífero del Valle de Toluca (Altiplano mexicano) que ha permitido concentrar la información existente en diversos organismos públicos y privados así como homogeneizar y tratar dicha información con objeto de abordar diversos tipos de estudios de carácter hidrogeológico. Uno de estos estudios es la elaboración del mapa de vulnerabilidad del acuífero mediante la aplicación de la metodología DRASTIC. Un primer paso fue establecer el mapa de profundidad del nivel piezométrico con base en diversos métodos de interpolación, de esta forma se pudo comprobar que el método Kriging lineal es el que ofrecía mejores y más consistentes resultados, además de ser el más sencillo de aplicar. Igualmente, se comprobó la ventaja del uso de SIG ya que facilitó el almacenamiento y tratamiento de la información, así como la elaboración de los diversos tipos de mapas y su superposición.

ABSTRACT

Reliability and validity of the maps of groundwater vulnerability strongly depend on the availability of an important amount of data of great quality and its later treatment. Putting this information into a geographic Information System (GIS) serves to assure its representativeness, opportune availability and manipulation of the same one. A hydrogeologic GIS for the study of the aquifer of the Valley of Toluca has been designed (Mexican Highlands). This SIG has allowed to concentrate the existing information in diverse public and private organisms as well as to provide the optimal data representation and to manipulate this information with object to approach diverse types of hydrogeological studies. One of these studies is the elaboration of groundwater vulnerability map by means of DRASTIC methodology. A first step was to establish the map of depth to water using diverse methods of interpolation,. It was possible to be verified that the linear kriging method is the one that offered better and consistent results, besides to be simplest to apply. Others advantages of the SIG use are the ease for the storage and data processing, as well as for the elaboration of the diverse types of maps and its superposition.

Palabras clave: vulnerabilidad de acuíferos, DRASTIC, SIG, métodos de

¹ Centro Interamericano de Recursos del Agua – Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de México. Cerro Coatepec S/N; C.U. 50130 Toluca (Edo. de México) Mexico. Phone: (52) 722 2965550 Fax: (52) 722 2965551. Email: esteller@uaemex.mx

VULNERABILIDAD A LA INTRUSIÓN MARINA DE ACUÍFEROS COSTEROS EN EL PACIFICO NORTE MEXICANO; UN CASO, EL ACUÍFERO COSTA DE HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO

Miguel Rangel MEDINA¹
Rogelio Monreal SAAVEDRA¹
Mariano Morales MONTAÑO¹
Jose Castillo GURROLA²

RESUMEN

En la evaluación de la vulnerabilidad acuífera, los problemas de contaminación del agua subterránea, ya sea por fuentes puntuales o dispersas, tienen un común denominador; los contaminantes son adicionados sobre o cerca de la superficie del terreno. Bajo este criterio, se ha evaluado la vulnerabilidad de acuíferos con métodos como DRASTIC, AVI, ERI, GOD y otros. La intrusión salina, o contaminación del agua dulce por agua de mar en acuíferos costeros, involucra características distintas del contaminante y del medio hidrogeológico, que exigen para su evaluación, una metodología diferente y necesariamente más costosa, tardada y a veces con alto grado de complejidad para la obtención de parámetros hidrogeológicos. El acuífero Costa de Hermosillo en el noroeste mexicano, ha sido fuertemente afectado en los últimos 37 años, intrusionado en más de 30 km fue estudiado a detalle, obteniéndose el modelo hidrogeológico conceptual basado en control tectónico-estructural, métodos hidráulicos, hidrogeofísicos e hidrogeoquímicos con apoyo isotópico, que permitieron definir la geometría del basamento, la hidroestratigrafía y propiedades del acuífero, la distribución espacial de la posición del agua salina y finalmente las zonas más vulnerables por donde ha penetrado el agua de mar preferencialmente. Se identificó la existencia de paleoagua entrampada en sedimentos detríticos marinos y rocas volcánicas. La edad del agua del acuífero varía entre 2,751 y 4,630 años $\pm$ 50 años. Mientras que la paleoagua tiene una edad de entre 26, 800 y 30,000 $\pm$ 150 años por lo que se considera un recurso finito del cual no existen estudios de evaluación.

Palabras clave: Costa de Hermosillo, intrusión salina, vulnerabilidad, acuíferos costeros, hidrogeoquímica.

ABSTRACT

In the assessment of ground water vulnerability, from punctual or dispersed sources, there is in many cases a common denominator; the pollutants are added on or near the surface of the ground. Under this criteria, the vulnerability has been evaluated with methods like DRASTIC, AVI, ERI, GOD and others. Nevertheless, the saline intrusion, or pollution of ground water by sea water in coastal aquifers, involves another characteristics because of the kind of pollutant and the hidrogeologic frame that demand a different methodology necessarily expensive, sometimes with high degree of complexity, for obtaining hidrogeologic parameters. The aquifer of the coast of Hermosillo, in northwest México (west-central state of Sonora), has been one of the most affected, since has been intruded more than 30 km landwards. A detailed study of the aquifer, supported by tectonic and structural control, through hydraulic, hidrogeophysic and hidrogeochemistry methods with isotopic characterization allowed to obtain the following: 1) the geometry of the basement, 2) the hidroestratigraphy with the aquifer properties, 3) the spatial distribution of the saline water intrusion and 4) the most vulnerable zones, from where the marine water penetrates preferentially since 37 years ago. The paleo-

¹ Dpto. de Geología; mrangelm@geologia.uson.mx

² Dpto. de Agricultura; jcg@rtn.uson.mx

Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, 83000, México

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN SISTEMAS FISURADOS

Jorge Montañó XAVIER¹
Ernani Francisco da ROSA FILHO²
Eduardo Chemas HINDI²

RESUMEN

Se ha desarrollado un método de evaluación de la vulnerabilidad en acuíferos fisurados que consiste en la identificación en la zona no saturada de los "amortiguadores" químicos y físicos más importantes en el retardo del pasaje de contaminantes no conservativos.

Los primeros están relacionados con los valores de intercambio catiónico, resultantes principalmente de la presencia de materia orgánica y arcilla, componentes de los horizontes A y B de los suelos. Estos intercambiadores son capaces de retener e intercambiar elementos potencialmente contaminantes.

Los físicos están condicionados a los valores bajos de K_v (conductividad hidráulica vertical) que retardan el traslado vertical de sustancias, generando un tiempo de transferencia alto.

Palabras clave: vulnerabilidad, acuífero fisurado, amortiguación de contaminantes

ABSTRACT

A new method to evaluate vulnerability of fractured aquifers has been developed. It consists in the identification of the most important chemical and physical buffers for retardation of the non-conservative contaminants pathway in the unsaturated zone.

The chemical buffers are related to ion exchange values resulting from the presence of organic matter and clay, which are, both of them, components of the A and B soil's horizons. These buffers are capable of maintaining and exchanging elements potentially contaminant.

The physical buffers are conditioned by low values of K_v (vertical hydraulic conductivity) that retard the vertical movement of substances generating high transference time and minimizing the effects of degradable contaminants.

Keywords : Vulnerability, fractured aquifers, amortiguation of the contaminants

1. INTRODUCCIÓN

La importancia de los acuíferos fisurados a nivel mundial radica principalmente en su gran extensión y la intensa actividad antrópica que se desarrolla en su ámbito.

En la mayor parte de la superficie terrestre afloran rocas ígneas y/o metamórficas, o se encuentran cerca de la superficie, bajo una delgada capa de depósitos superficiales. Podemos identificar las siguientes zonas: Canadá, NE y NW de EUA, Altiplano de la Guayana, Noreste de Europa (Escandinavia y Rusia), Asia (Siberia, Península Arábig, India, Sri Lanka), Sudeste de Asia (Korea y China), Región del Pacífico (Australia) y zonas del E, W y centro de África.

La protección natural de estos acuíferos no existe o está constituida por una cobertura de poco espesor determinando zonas con alta susceptibilidad frente a la actividad de los contaminantes. Si a este panorama le sumamos que en grandes extensiones de estas placas precámbricas existe un importante desarrollo poblacional como por ej: 40 millones de habitantes en Latinoamérica, 70 millones en África y cientos de millones en Asia, se genera una situación de gran peligro a la degradación de los recursos hídricos fisurados a nivel mundial.

Además, parte de estos dominios geológicos se encuentran en regiones calificadas como las menos desarrolladas del mundo, con menores niveles desarrollo tecnológico y precaria o nula

¹ Universidad de la República – Facultad de Ciencias – INGEPA (Uruguay)

² Universidad Federal do Paraná – Departamento de Geología (Brasil)

ÁREAS DE VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFERO CÁRSTICO CAUSADA PELA EXPLOTAÇÃO DE POÇOS TUBULARES (ESTUDO DE CASO DE ALMIRANTE TAMANDARÉ-PR, BRASIL)

Ernani Francisco da ROSA FILHO ¹

Eduardo Chemas HINDI ¹

Jorge Montañó XAVIER ²

Leandson Roberto F. da LUCENA ³

Aurora del Rosario GUÉRÉQUIZ ³

RESUMO

As águas que circulam através das estruturas carstificadas dos mármores dolomíticos do Grupo Açungui, os quais ocorrem na região ao norte da cidade de Curitiba, representam uma alternativa para abastecer uma parcela da população da Região Metropolitana de Curitiba. Entretanto essa exploração tem provocado a diminuição da vazão de várias fontes utilizadas pelas comunidades rurais da região, bem como acomodações do terreno causando rachaduras de várias residências, o que tem suscitado preocupações e conflitos entre os moradores e a Companhia de Abastecimento de Água do Paraná (SANEPAR). Assim foram realizados testes para evidenciar e quantificar o relacionamento entre bombeamento de poços e vazões de fontes naturais. Durante testes de bombeamento de três poços localizados na área de Botiatuva, dos quais foram extraídas vazões entre 110 m³/h e 169 m³/h, algumas fontes sofreram reduções de descarga. As fontes que foram monitoradas, apresentaram valores de condutividades elétricas entre 185 µS/cm e 242 µS/cm, sendo que as suas descargas, sem a influência do bombeamento dos poços, variaram entre 158 m³/h e 213 m³/h. O bombeamento do poço denominado P-03 reduziu a descarga da fonte FSM-3, de 44,5 l/s para 17,5 l/s, sendo que a vazão de 169 m³/h extraída no poço P-04 não acarretou decréscimo nas descargas das fontes FSM-3 e FSM-4. O bombeamento do poço P-05, a uma taxa de até 165 m³/h, afetou as fontes FSM-10 e FSM-3, sendo que esta última teve uma redução de descarga, de 133 m³/h para 61 m³/h. As interconexões hidráulicas entre as fontes e os poços que as afetaram, são conseqüências dos processos de carstificação que se desenvolveram preferencialmente numa faixa paralela aos diques de diabásio. O bombeamento dos poços P-3 e P-5 deverá provocar no decorrer do tempo uma inversão da direção do fluxo das águas subterrâneas, fazendo com que áreas que circundam as fontes recarreguem o aquífero sem qualquer processo de depuração. A utilização das fontes pode ser feita através da regularização das suas descargas e não por meio exclusivo da perfuração de poços tubulares.

ABSTRACT

The karstic aquifer in the north of Curitiba (Paraná State, Brazil) is an important source of water and has been exploited since the last five years for water supplying of the city of Curitiba and the surrounding municipalities. Nevertheless, the well pumping has affected the natural discharge of some springs settled in the vicinity of that wells. Pumping tests of wells in the Botiatuva area (Almirante Tamandaré, Paraná State, Brazil) at discharge rates from 110 to 169 m³/h, reduced the spring flow as follows: spring FSM-3 from 160 to 63 m³/h and from 133 to 61 m³/h during well P-03 and P-04 pumping tests, respectively. The hydraulic connections between wells and springs are due to karstification developed mainly along the diabase dikes. The continuous pumping of groundwater in the Botiatuva area will probably dry the springs and cause an inversion on the groundwater flow,

¹ Departamento de Geologia – Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas da UFPR (LPH-UFPR), Centro Politécnico - Jd das Américas – 81531-990 – Curitiba - PR. E-mail: ernani@ufpr.br; tel: (41) 361-3169

² Universidad Oriental Del Uruguay - UDELAR

³ Pós-graduando do Curso de Geologia Ambiental da UFPR

ÁREAS DE VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFERO CÁRSTICO CAUSADA PELA EXPLOTAÇÃO DE POÇOS TUBULARES (ESTUDO DE CASO DE ALMIRANTE TAMANDARÉ-PR, BRASIL)

Ernani Francisco da ROSA FILHO ¹

Eduardo Chemas HINDI ¹

Jorge Montañó XAVIER ²

Leandson Roberto F. da LUCENA ³

Aurora del Rosario GUÉRÉQUIZ ³

RESUMO

As águas que circulam através das estruturas carstificadas dos mármores dolomíticos do Grupo Açungui, os quais ocorrem na região ao norte da cidade de Curitiba, representam uma alternativa para abastecer uma parcela da população da Região Metropolitana de Curitiba. Entretanto essa exploração tem provocado a diminuição da vazão de várias fontes utilizadas pelas comunidades rurais da região, bem como acomodações do terreno causando rachaduras de várias residências, o que tem suscitado preocupações e conflitos entre os moradores e a Companhia de Abastecimento de Água do Paraná (SANEPAR). Assim foram realizados testes para evidenciar e quantificar o relacionamento entre bombeamento de poços e vazões de fontes naturais. Durante testes de bombeamento de três poços localizados na área de Botiatuva, dos quais foram extraídas vazões entre 110 m³/h e 169 m³/h, algumas fontes sofreram reduções de descarga. As fontes que foram monitoradas, apresentaram valores de condutividades elétricas entre 185 µS/cm e 242 µS/cm, sendo que as suas descargas, sem a influência do bombeamento dos poços, variaram entre 158 m³/h e 213 m³/h. O bombeamento do poço denominado P-03 reduziu a descarga da fonte FSM-3, de 44,5 l/s para 17,5 l/s, sendo que a vazão de 169 m³/h extraída no poço P-04 não acarretou decréscimo nas descargas das fontes FSM-3 e FSM-4. O bombeamento do poço P-05, a uma taxa de até 165 m³/h, afetou as fontes FSM-10 e FSM-3, sendo que esta última teve uma redução de descarga, de 133 m³/h para 61 m³/h. As interconexões hidráulicas entre as fontes e os poços que as afetaram, são consequências dos processos de carstificação que se desenvolveram preferencialmente numa faixa paralela aos diques de diabásio. O bombeamento dos poços P-3 e P-5 deverá provocar no decorrer do tempo uma inversão da direção do fluxo das águas subterrâneas, fazendo com que áreas que circundam as fontes recarreguem o aquífero sem qualquer processo de depuração. A utilização das fontes pode ser feita através da regularização das suas descargas e não por meio exclusivo da perfuração de poços tubulares.

ABSTRACT

The karstic aquifer in the north of Curitiba (Paraná State, Brazil) is an important source of water and has been exploited since the last five years for water supplying of the city of Curitiba and the surrounding municipalities. Nevertheless, the well pumping has affected the natural discharge of some springs settled in the vicinity of that wells. Pumping tests of wells in the Botiatuva area (Almirante Tamandaré, Paraná State, Brazil) at discharge rates from 110 to 169 m³/h, reduced the spring flow as follows: spring FSM-3 from 160 to 63 m³/h and from 133 to 61 m³/h during well P-03 and P-04 pumping tests, respectively. The hydraulic connections between wells and springs are due to karstification developed mainly along the diabase dikes. The continuous pumping of groundwater in the Botiatuva area will probably dry the springs and cause an inversion on the groundwater flow,

¹ Departamento de Geologia – Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas da UFPR (LPH-UFPR), Centro Politécnico - Jd das Américas – 81531-990 – Curitiba - PR. E-mail: ernani@ufpr.br; tel: (41) 361-3169

² Universidad Oriental Del Uruguay - UDELAR

³ Pós-graduando do Curso de Geologia Ambiental da UFPR

PROCESOS GEOQUÍMICOS NATURALES E INDUCIDOS POR EL HOMBRE EN ACUÍFEROS KÁRSTICOS COSTEROS. CASO DE ESTUDIO: SECTOR HIDROGEOLOGICO GÜIRA QUIVICÁN (CUENCA SUR DE LA HABANA)

J.R. FAGUNDO¹
P. GONZÁLEZ¹
S. JIMÉNEZ²
M. SUÁREZ¹,
J. FAGUNDO-SIERRA¹
A. GONZÁLEZ³
E. ROMERO³
D. ORIHUELA³

RESUMEN

Mediante un sistemático programa de muestreo y análisis químico de campo y de laboratorio, se identificaron los principales procesos geoquímicos que controlan la composición química de las aguas en las diferentes zonas hidrogeológicas del acuífero kárstico costero Güira-Quivicán de la Cuenca Sur de la Habana. Entre estos procesos se destacan: oxidación de sulfuros y de la materia orgánica con generación de CO₂, fundamentalmente en la zona no saturada del acuífero; reducción anaeróbica de sulfatos, especialmente en las zonas media y profunda de los pozos cercanos a la zona cenagosa; disolución y precipitación de calcita y dolomita en la zona de mezcla; intercambio iónico, tanto de carácter directo como inverso, así como otros procesos inherentes a la mezcla. En la zona de difusión estos procesos modifican significativamente la composición química, lo cual se pone de manifiesto al comparar con la composición que debía esperarse de la simple mezcla conservativa. Además de los factores hidrogeológicos y climáticos, el fuerte impacto de la actividad humana (explotación, vertido de residuales, construcción de obras hidrotécnicas) influye de manera destacada en la calidad del agua que se utiliza en la región con fines agrícolas y de abasto a la población.

Palabras claves: procesos geoquímicos, acuíferos kársticos costeros, humedales, calidad de agua.

ABSTRACT

The geochemical processes which determine the chemical composition of water from different hydrogeological zones at the karstic aquifer of Güira-Quivicán (Havana Southern Basin) were identified by means of a systematic field and laboratory sampling program. Among them the main processes were: sulfide and organic matter oxidation at the unsaturated zone of the aquifer; sulfate anaerobic reduction, especially at the middle and deep level of the wells located near of the swamp; dissolution and precipitation of calcite and dolomite, direct and inverse ion exchange, as well as other processes connected with the fresh-sea water mixture, where significant modification processes of the chemical composition occurs, which are demonstrated comparing the data with the conservative mixture results. In addition to the hydrogeological and climatic factors, the human impact (aquifer overexploitation, hydrotechnical constructions, wastewater input) play a significant roll over the water quality used for agricultural and population supply purpose.

Keywords: geochemical processes, coastal karstic aquifers, swamp, water quality.

¹ Centro Nacional de Termalismo Víctor Santamarina

² GEOCUBA

³ Universidad de Huelva (España)

CARGA CONTAMINANTE Y PELIGROS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Ricardo HIRATA¹

RESUMEN

Los programas modernos de protección de los recursos hídricos subterráneos tienen como base técnica la restricción de la ocupación del terreno con relación a la vulnerabilidad de los acuíferos y/o a perímetro de protección de pozos o manantiales (PPP). La decisión de la instalación o remoción de una actividad potencialmente contaminante debe considerar el peligro de la degradación del acuífero o del pozo/manantial, lo cual es determinado por la interacción de la probabilidad de geración de una carga contaminante con los diferentes grados de vulnerabilidad o PPP. Estudios de caso han mostrado que las cargas contaminantes son las que controlan la contaminación del acuífero, excepto en áreas de vulnerabilidad elevada o captaciones mal construidas. De esta forma, identificar, entender y clasificar las fuentes de contaminación es prioritario en programas de gestión de la cualidad de acuíferos. A pesar de que las actividades potencialmente contaminantes sean complejas, es posible dimensionar la probabilidad de geración de una carga poluidora, identificando las sustancias tóxicas manipuladas y/o almacenadas y la existencia de cargas hidráulicas asociadas a estos compuestos, en el proceso o en la destinación final de sus residuos. Esta técnica es conocida como *POSH*, que es un acrónimo de estas características: *Pollutant Origen e Hydraulic Surcharge*.

ABSTRACT

Modern groundwater resource protection programs restrict the land occupation based on aquifer contamination vulnerability maps and/or wellhead protection areas. The installation or removal of a potentially contaminant activity must take into consideration the hazard to which the aquifer or the well are or will be submitted. The hazard is defined as the interaction of the contaminant load and both the above mentioned zoning tools. Groundwater contamination study cases have demonstrated that the contaminant loads themselves control the occurrence of aquifer degradation, except in areas where the vulnerability is high or the well is not properly constructed. In this way, the identification, understanding, and classification of the contamination are a priority for aquifer quality management programs. Although the potentially contaminant activities are complex, though the identification of the manipulated or stored toxic substances and the possible hydraulic surcharge associated to these activity, it is possible to estimated the probability of generation a contaminant load. This technique is known as POSH, which is an acronym of the following characteristics: Pollutant Origin and Hydraulic Surcharge.

Palabras Claves: acuífero; vunerabilidad; peligro de contaminación; carga contaminante; manejo.

El concepto de peligro de contaminación de acuíferos

Una de las mayores dificultades de un programa de protección de las aguas subterráneas es establecer cuáles son las actividades antrópicas que requieren mayor atención ambiental. La gran cantidad y complejidad de actividades existentes en un

área, sumada a los elevados costos de investigaciones detalladas y del monitoreo hidrogeológico, obliga a los órganos de control ambiental a llevar a cabo una estrategia de identificación de actividades o zonas de mayor peligro de contaminación de los acuíferos.

FOSTER (1987) y FOSTER; HIRATA (1988), proponen un sistema sencillo para la

¹ Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. Rua do Lago, n.562 – Cidade Universitária – São Paulo (SP) – Brasil. CEP 05508-900. E-mail: rhirata@usp.br; Fax: (5511) 3091 4207

MODELO DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS EN EL CENTRO-OESTE DE LA PROVINCIA DE SANTA FE (ARGENTINA)

Ofelia TUJCHNEIDER ^{1,2}

Marta PARIS ¹

Mónica D'ELÍA ¹

Marcela PEREZ ¹

RESUMEN

Se presenta en este trabajo un plan de acción destinado a la administración sustentable de las aguas subterráneas en el distrito Esperanza. Desde hace más de 70 años el sistema acuífero es utilizado como recurso y constituye el insumo básico que soporta todas las actividades de la comunidad. Hasta este momento no existe otra fuente de provisión disponible. Se han planteado conflictos resultantes de la explotación implementada hasta el presente, advirtiéndose un cambio en las características químicas de las aguas en las áreas focales de explotación como así también un importante descenso de los niveles piezométricos. El modelo de gestión que se propone fue elaborado a partir del diagnóstico hidrogeológico-ambiental del sistema. Para ello se evaluaron, bajo una concepción integrada, las particularidades de los subsistemas natural y social. Mediante la modelación matemática hidrogeológica se formularon diversos escenarios de explotación. Ello ha permitido constatar la capacidad de respuesta del sistema ambiental ante distintas alternativas de gerenciamiento a la vez de definir un esquema de monitoreo a tiempo real.

Palabras claves: hidrogeología urbana - agua potable - planificación - modelación.

ABSTRACT

An action plan to sustainable groundwater management in the Esperanza district is presented in this work. Since more 70 years, the aquifer system is used as a resource and it is the basic material that supports the whole activities of the community. There is not, until this moment, other available supply source. Problems resulting by the current abstraction is presented, a chemical characteristics change in the water by focal areas of exploitation as well as an important piezometric level decrease are noted. The proposed management model was elaborated on the basis of system hydrogeological-environmental diagnostic. For this diagnostic, the particularities of the natural and social subsystems are evaluated under a integrated conception. Several exploitation scenario were formulated with hydrogeological mathematical modelling. This has permitted verify the environmental system response capacity against various management alternatives and also to define and monitoring framework in real time.

Keywords: urban hydrogeology – drinking water - planification - modelling

¹ Grupo de Investigaciones Geohidrológicas. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. Universidad Nacional del Litoral. Ciudad Universitaria. Casilla de Correo 217. (3000) Santa Fe – Argentina. TE/FAX: (0054)(342)(4575244)
email: gig@fich1.unl.edu.ar / pichy@fich.unl.edu.ar

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas

VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS FRENTE AL USO DE AGUAS RESIDUALES Y LODOS EN AGRICULTURA

M.V. ESTELLER ¹

RESUMEN

La vulnerabilidad de acuífero frente a un foco de contaminación areal como es el uso de aguas residuales y lodos en agricultura, puede ser muy alta sobre todo si las características de la zona no saturada no son las idóneas para que los contaminantes presentes en estas aguas y lodos sufran procesos que den lugar a una disminución de su presencia.

Un ejemplo del efecto contaminante por reuso de aguas residuales en riego es lo ocurrido en el acuífero del Valle de León (México), el cual ha sufrido un deterioro de la calidad de sus aguas por presencia de algunos de los contaminantes que están presentes en el agua residual.

En otros casos, la zona no saturada actúa como barrera frente a una contaminación originada, por ejemplo, por el uso de lodos en agricultura. Este hecho se ha podido comprobar en una parcela experimental, localizada en el acuífero del Valle de Toluca (México), en la cual se ha estudiado el comportamiento del nitrógeno y fósforo.

ABSTRACT

The aquifer vulnerability front to non-point contamination, as it is the reuse of wastewaters and sludge in agriculture, can mainly be very high if the characteristics of the vadose zone are not the suitable. This is carried out that the polluting compounds of these waters and sludges do not undergo processes that give rise to a diminution of their presence.

An example of the polluting effect by reuse of wastewaters in irrigation in the Valley of Leon aquifer (Mexico) is presented. It has studied the deterioration of the groundwater quality by presence of some of the polluting agents, that are present in the wastewater.

In other cases, the vadose zone act as barrier a contamination originated, for example, by the application of the sludge in agriculture. This fact has been able to verify in an experimental site, located in the Valley of Toluca aquifer (Mexico), where the behavior of nitrogen and phosphorus has studied.

Palabras clave: acuífero, vulnerabilidad, contaminación, aguas residuales, lodos residuales

INTRODUCCIÓN

La determinación del grado de vulnerabilidad de un acuífero se lleva a cabo, normalmente, teniendo en cuenta un contaminante de tipo genérico pero, bajo ciertas circunstancias, es necesario que este grado de vulnerabilidad se establezca en función de un contaminante o de un foco de contaminación específico. Este caso sería aplicable, sobre todo, a los focos de contaminación areales, los cuales cubren grandes superficies e implican la presencia de unos contaminantes específicos.

Un ejemplo claro de este caso sería la contaminación agrícola y, en particular, la originada por el reuso de aguas residuales, practica bastante extendida en varios países de Iberoamérica, y de lodos residuales, cuyo uso se está acrecentando.

En el presente trabajo, se expone un ejemplo de contaminación por el reuso de aguas residuales para riego, el cual intenta remarcar aquellos aspectos que más inciden en este tipo de contaminación. Por otro lado, se expone una metodología para la evaluación de los efectos que, en el suelo y zona no saturada, sufren aquellos contaminantes que se lixivian y que tienen su origen en los lodos residuales que se aplican en campos de cultivo.

REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN AGRICULTURA GENERALIDADES

La reutilización del agua residual depurada se basa, esencialmente, en aprovecharla como agua de riego y/o como agua de recarga con objeto de incrementar los recursos hídricos de un sistema acuífero. Esta reutilización puede

¹ Centro Interamericano de Recursos del Agua. Facultad de Ingeniería - Universidad Autónoma del Estado de México. Cerro Coatepec S/N C.U: 50130 Toluca (Edo de México) México. esteller@coatepec.uaemex.mx

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD INTRÍNSECA Y SU ADECUACIÓN MEDIANTE UN MODELO DE FLUJO CON TRAZADO DE PARTÍCULAS PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO DEL CURSO ALTO DEL RÍO LERMA, ESTADO DE MÉXICO

J. GÁRFIAS¹

R. FRANCO²

H. LLANOS³

Resumen

En este trabajo se presenta la evaluación de la vulnerabilidad del acuífero del alto Lerma, Estado de México, México, mediante la aplicación combinada del método DRASTIC y el modelo numérico VisualModflow. El mapa de vulnerabilidad intrínseco fue adecuado, delimitándose nuevas áreas a proteger considerando la contaminación en un plazo igual o menor a 50 años, adecuándose el análisis a las condiciones de explotación del acuífero. Los cambios que se obtienen se reflejan en los índices de baja, media y alta vulnerabilidad. La estimación de la tasa promedio de cambio es del 43%, la cual refleja la incertidumbre entre la vulnerabilidad intrínseca y la vulnerabilidad específica. El hecho de considerar el flujo regional o el flujo local incide directamente en los resultados, por ello es difícil establecer un criterio de comparación entre ambas metodologías. La elección del mejor método y el correcto manejo de la incertidumbre requiere la definición simultánea del flujo local y regional. La única vía para cuantificar la aplicabilidad y la estimación de la incertidumbre, es comparar los resultados obtenidos con datos reales.

Palabras clave: Vulnerabilidad, Visual Modflow, DRASTIC, Acuífero del alto Lerma, Modelación, Contaminación.

Abstract

In this work, an evaluation of the vulnerability of the upper Lerma aquifer is presented, using the combined application of the DRASTIC method and the numerical model, visualModflow. The intrinsic vulnerability map was modified, delimiting new areas to protect, while considering the effects of contamination within the next 50 years and analyzing the conditions of exploitation of the aquifer. The resulting changes are reflected in the of low, intermediate and high vulnerability index. The estimated rate of change is 43%, which reflects the uncertainty between the intrinsic vulnerability and the specific vulnerability. Simply considering the regional flow or the local flow directly influences the results, and, therefore, it is difficult to establish criteria which compare between both methods. Choosing the best method and correctly handling the uncertainty requires the simultaneous definition of local and regional flow. The only way to quantify the applicability and evaluate the uncertainty is to compare the results obtained with real data.

Key words: Vulnerability, VisualModflow, DRASTIC, upper Lerma aquifer, modelling, contamination.

¹ Facultad de Ingeniería (CIRA). Universidad Autónoma del Edo. de México. Toluca, México.

² Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Edo. de México. Toluca, México.

³ Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco. Bilbao, España.

AREAS DE RESERVA: SOLUCION ALTERNATIVA A LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN AREAS URBANAS

Marcela PEREZ¹
Ofelia TUJCHNEIDER^{1, 2}
Marta PARIS¹
Mónica D'ELÍA¹

RESUMEN

El peligro latente de la proliferación de ciertas enfermedades de transmisión hídrica pone de manifiesto la importancia de contar con aguas seguras para consumo humano. En la Argentina, muchos de los asentamientos poblacionales no cuentan con una adecuada cobertura de red de agua potable y red cloacal. Para suplir esta falta, el hombre hace uso obligado de fuentes subterráneas, las que frecuentemente, y debido a sus propias actividades, se van deteriorando.

Como caso de estudio se eligió un barrio de la ciudad de Santa Fe, cuyas características ambientales y socioeconómicas son semejantes a las de otros asentamientos periféricos en distintas partes del país.

Luego de la etapa de diagnóstico –la que se basa fundamentalmente en el estudio de las características geológicas, hidrogeológicas e hidroquímicas del medio físico– se presenta una propuesta de solución que tiene como finalidad optimizar los mecanismos necesarios para que los habitantes del sector puedan acceder a una mejor calidad de vida, partiendo de un elemento básico y vital como lo es el agua, con el máximo de aprovechamiento de los recursos propios del lugar de asentamiento. Las estrategias de gestión abarcan cuatro grandes aspectos: educativo, sanitario, de planeamiento y de política ambiental.

El programa “Agua para todos”, puesto en marcha por la Municipalidad de Santa Fe a partir de 1992, presenta algunas coincidencias con esta propuesta

Palabras claves: aguas subterráneas, gestión, planificación, áreas urbanas

ABSTRACT

The threat of certain water-transmitted diseases shows the importance of having safe water for human consumption. In Argentina, lots of communities have no access to safe drinking water and adequate sanitation. This lack leads people to use ground waters, which frequently, and due to their own activities, are being deteriorated.

A neighbourhood of Santa Fe city, in the Argentine Republic, was chosen as a study case. Its environmental and socio-economic features are similar to those of others peripheral settlements, in different parts of the country.

After the diagnosis stage -which it is fundamentally based on the study of the geological, hydrogeological and hydrochemical characteristics of the physical environment- a solution proposal is presented. It has the purpose of optimizing the necessary mechanisms so these inhabitants could urgently achieve a better quality of life, starting from a basic and vital element such as water, and taking the maximum advantage of the own resources of the outskirts. The management strategies involve four main aspects: education, sanitation, planning and environmental policy.

The “Agua para todos” program carried out by the Municipality of Santa Fe, presents some coincidence with this proposal.

Key words: ground waters, management, planning, urban areas

¹ Grupo de Investigaciones Geohidrológicas. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. Universidad Nacional del Litoral. Ciudad Universitaria – Ruta Nacional 168 - Km 472,4
Casilla de Correos 217. 3000 - Santa Fe – Argentina. TE/FAX: +54-342- 4575244
E-mail: maperez@fich1.unl.edu.ar - gig@fich.unl.edu.ar
Web site: <http://fich.unl.edu.ar/web-gig/index.html>

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)