

# CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS ACERCA DEL PROCESO DE GESTIÓN DEL IMPACTO Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS

Massone Hector<sup>1</sup>, Martínez Daniel<sup>2</sup>

Recibido: 25/02/2008

Aceptado: 07/04/2008

## RESUMEN

En este trabajo se describen y analizan dos aproximaciones al análisis del proceso de gestión de la contaminación de acuíferos: desde el concepto de impacto ambiental y desde las etapas de manejo de riesgos naturales; se analizan similitudes y diferencias, la aplicabilidad de cada una y se enfatizan sus particularidades. Se pone énfasis en la aproximación desde el riesgo, menos difundida y reglamentada que la del impacto ambiental. Se describe el proceso de gestión de riesgos naturales, que incluye etapas pre, durante y post evento, ampliamente conocidas y tomadas como guía en el proceso de gestión, ellas son: evaluación, predicción, prevención, alarma y rehabilitación. En el caso de la contaminación de aguas subterráneas, el análisis y ejecución de estas etapas de gestión presenta características peculiares, entre las que se destacan dos: el hecho que los eventos contaminantes no están sujetos a un proceso cíclico que permita operar con técnicas estadísticas para obtener tiempos de retorno y probabilidades de ocurrencia y que, en general, son procesos dilatados en el tiempo y cuyos efectos muchas veces no resultan en síntomas agudos; se discute, además, de qué manera aspectos vinculados a la comunicación y a la percepción resultan relevantes en las etapas de prevención y alerta.

**Palabras clave:** acuíferos, contaminación, riesgo, gestión, impacto

---

<sup>1</sup> Geólogo, Doctor y Licenciado en Ciencias Geológicas. CONICET y Centro de Geología de Costas y del Cuaternario, U.N.MDP, Casilla de Correo 722, (7600), Mar del Plata, Argentina. T.E. +54 223 4754060, FAX +54 223 4753150. e-mail: demarti@mdp.edu.ar

<sup>2</sup> Geólogo, Doctor en Ciencias Naturales con orientación geológica, Magíster en Gestión Ambiental Urbana, Licenciado en Geología. Centro de Geología de Costas y del Cuaternario, U.N.MDP, Casilla de Correo 722, (7600), Mar del Plata, Argentina. T.E. +54 223 4754060, FAX +54 223 4753150. e-mail: hmassone@mdp.edu.ar

# METHODOLOGICAL CONSIDERATIONS ABOUT MANAGEMENT PROCESS OF CONTAMINATION IMPACT AND RISK OF AQUIFERS

## ABSTRACT

This article describes and analyzes two approaches to the aquifers' contamination management process analysis: from an environmental impact concept and from natural risks management stages. Similarities and differences are analyzed and emphasis is given to applicability of each of them and to their characteristics. An emphasis is made on risk approach, which is less disclosed and ruled than the environmental one. Natural risks management process is described, including stages before, during, and after the event, stages widely known and taken as a guide during the management process. Such stages are the following: evaluation, prediction, prevention, alarm, and rehabilitation. In relation to underground water contamination, analysis and execution of such management stages have special characteristics, among which we can highlight two: the fact that contaminating events are not subject to a cyclical process which allows operating statistical techniques for obtaining return times and occurrence probabilities and that, in general, are processes put off on time and which effects do not result most of the time in acute symptoms; besides, the article discusses the way how aspects related to communication and perception become relevant during prevention and alert stages.

**Keywords:** aquifers, contamination, risk, management, impact1.

## INTRODUCCION

La problemática de la disponibilidad de agua en calidad y cantidad ha ocupado y ocupa un papel preponderante en las prioridades de científicos, políticos, organizaciones no gubernamentales y público en general desde hace años. Así, la cuestión del agua está presente en la agenda de la gran mayoría de los encuentros relacionados con la problemática ambiental. Desde la Conferencia de Estocolmo en 1972, pasando por la CONFRAGUA de 1977, la Conferencia sobre Agua y Ambiente de Dublín de 1992, La Cumbre de Río en 1992, el World Water Forum en 2000, la Conferencia Internacional de Bonn en 2001, La Cumbre de Johannesburgo en 2002, y otros eventos, la problemática de los recursos hídricos ha sido analizada de manera prioritaria.

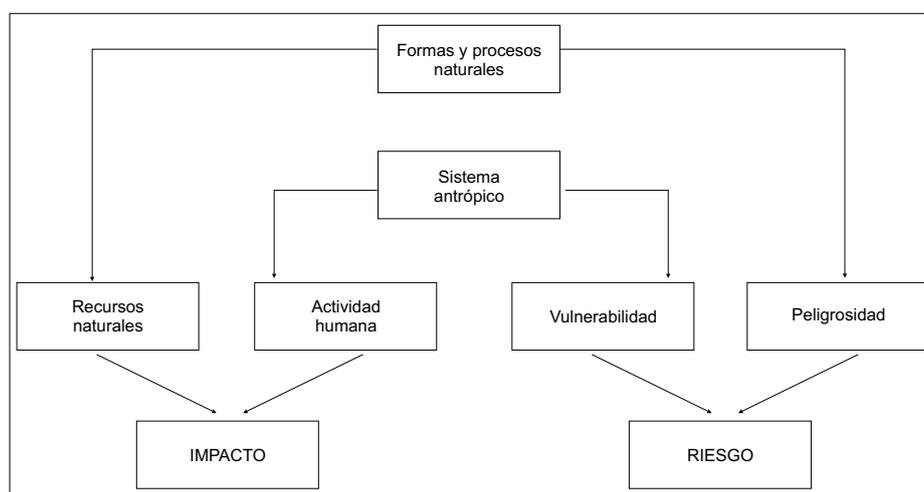
Por otra parte, la progresiva concientización ambiental que tiene lugar en el ámbito público, en general, hace que también la problemática de la calidad y cantidad de recursos hídricos esté presente a menudo en medios de comunicación, y (quizás como consecuencia) en la agenda de programas técnicos, de gestión política y de I+D en diversos estamentos tanto públicos como privados.

En este trabajo se presentan y discuten dos aproximaciones a la problemática de la gestión de recursos hídricos: 1, la visión desde el impacto y 2, la visión desde el proceso de manejo de riesgos. Se dan ejemplos de trabajos en el sudeste bonaerense y se analizan las potencialidades y restricciones de las dos aproximaciones.

## I. DESARROLLO

### I.1 Los conceptos de impacto y riesgo

Los conceptos de impacto y riesgo son claramente definitorios de la problemática ambiental, ya que existen en tanto y en cuanto se identifiquen las dos esferas de interacción que originan “lo ambiental”: la sociedad y la naturaleza, tan bien sintetizadas por Gallopin (1982). En principio, se podría indicar que el concepto de impacto implica la afectación que un sistema natural (en este caso, elemento pasivo) puede sufrir a partir de la acción de la sociedad (elemento activo); por su parte, el concepto de riesgo implicaría la afectación que puede sufrir la sociedad (elemento ahora pasivo) a partir de la acción de un evento natural (elemento activo). En la figura 1 se realiza una primera diferenciación en ambos conceptos a partir de esta aproximación.

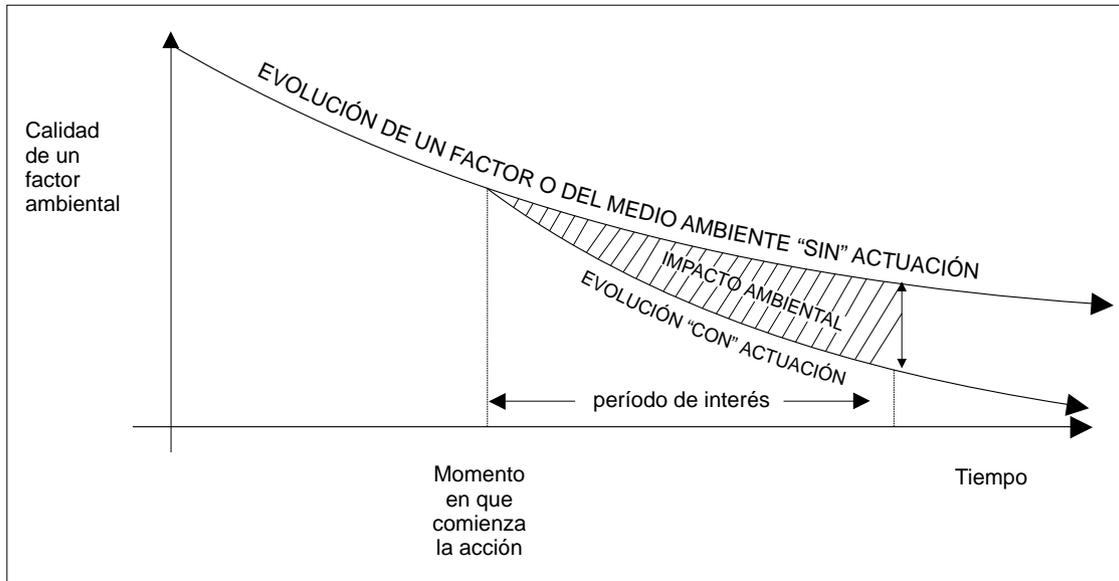


Fuente: modificación de Panizza, 1992

**Figura 1.** Los conceptos de impacto y riesgo

Existen claras definiciones acerca de estos dos conceptos, que se sintetizan a continuación. A pesar de ello, los alcances y límites de cada uno de ellos a veces se desdibujan; por otro lado, es cierto que el concepto de impacto ambiental está mucho más difundido y resulta más familiar para técnicos, decisores políticos y público.

Se entiende por impacto ambiental la diferencia en la evolución de la calidad ambiental de un recurso sin actuación y con actuación antrópica (Conesa Fernández, 1997) (Figura 2). Con este concepto, se trata de responder a la siguiente pregunta: ¿cómo afectó o puede afectar una actividad “x” sobre un objeto “y”?



**Figura 2.** El concepto de impacto ambiental (tomado de Conesa Fernández, 1997).

Los impactos pueden ser categorizados de acuerdo con diversas características, entre ellas: signo, intensidad, momento de manifestación, capacidad de recuperación, persistencia, relación causa-efecto y periodicidad.

Se entiende por riesgo (en el caso de este trabajo enfocado en los mal llamados “riesgos naturales”) la probabilidad de que se presente un nivel de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular, y durante un período definido (Blaikie et al, 1998). Con él se trata de responder la siguiente pregunta: ¿Qué probabilidad/posibilidad hay de que “x” fenómeno produzca “y” daño? El análisis del riesgo resulta de la interacción entre amenaza (o peligrosidad) y

daño. Siguiendo a Cardona (2003), la amenaza o peligrosidad es un factor externo de origen natural o antrópico al objeto de la amenaza que se expresa como la probabilidad de que un suceso se presente con una cierta intensidad en un sitio específico y dentro de un tiempo determinado.

El daño tiene una componente tangible (bienes, vidas) que en algunos casos es relativamente sencillo cuantificar; pero también presenta una componente intangible (daño psicológico, pérdidas culturales, etc.) cuya cuantificación sin duda no es sencilla. Existe acuerdo en que evaluar la vulnerabilidad de la población expuesta es una buena manera de aproximarnos al daño. Vulnerabilidad: factor de riesgo interno de un objeto o

persona expuesto a una amenaza y que corresponde a la susceptibilidad física, económica, política, social que presenta ante esa amenaza; una parte importante de ella está explicada por su capacidad de respuesta ante la amenaza.

Los riesgos se clasifican de acuerdo con su origen, en tecnológicos, biológicos y físicos, destacando dentro de estos últimos los riesgos geológicos. En el caso que nos ocupa, la contaminación de acuíferos y según la clasificación de Ayala (1988), estaríamos en presencia de un riesgo geológico inducido (figuras 3 y 4)

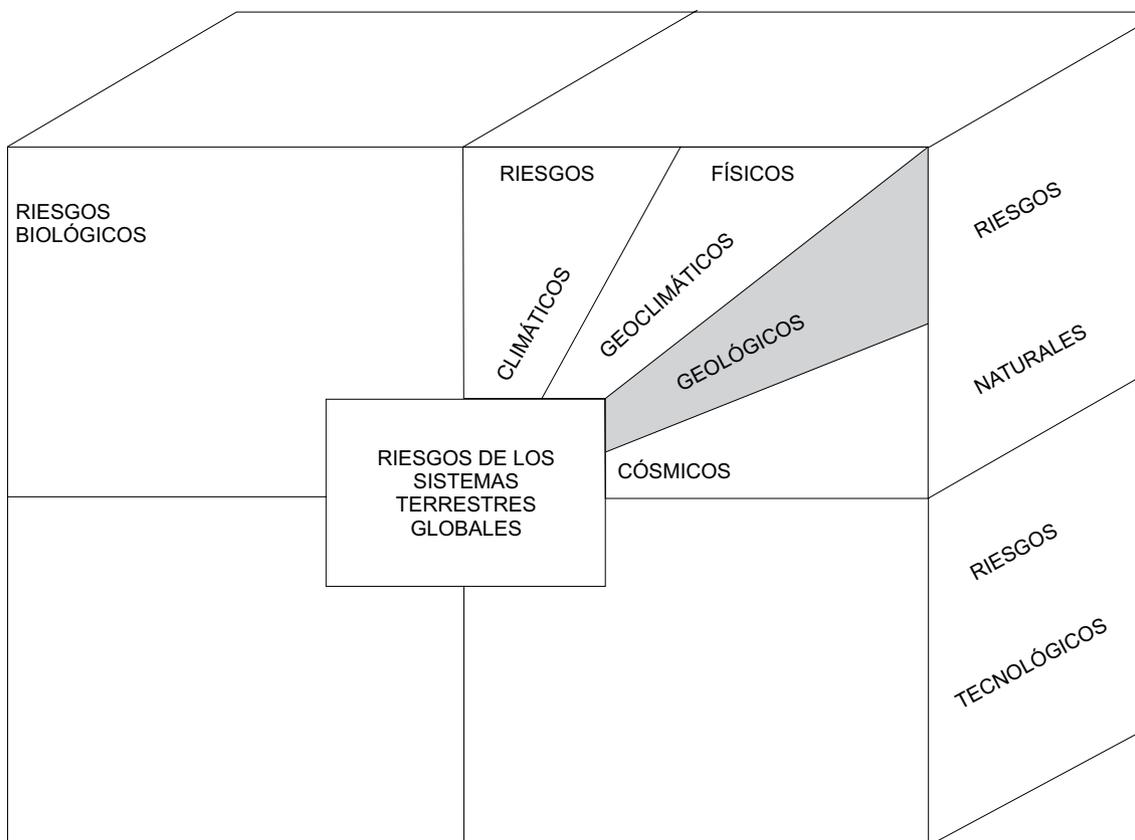


Figura 3. La clasificación de riesgos (tomado de Ayala, 1988).

Se pueden advertir, entonces, similitudes y diferencias entre ambas aproximaciones tomando como patrón de comparación algunas componentes (tabla 1).

## 1.2 El proceso de gestión

Vivimos en un mundo constantemente sometido a riesgos e impactos de diversa índole. Todas

nuestras acciones entrañan un determinado riesgo: a la salud, a los bienes, o servicios, al medio natural y/o físico, etc. sea a corto o largo plazo, sea directo o indirecto, y esto es a menudo inevitable. Difícilmente podamos pensar una acción absolutamente inocua, cuyo riesgo para cualquiera de los citados elementos sea cero.

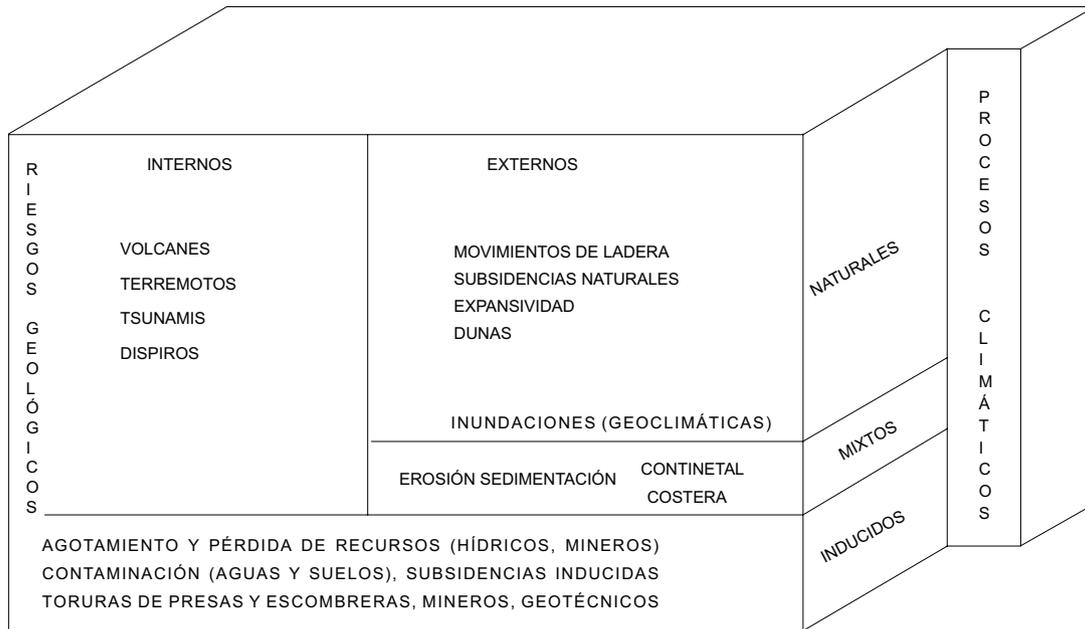


Figura 4. Clasificación de riesgos geológicos (tomado de Ayala, 1988).

Tabla1. Comparación conceptual entre los conceptos de impacto y riesgo.

COMPONENTE	IMPACTO	RIESGO
Interferencia sociedad-naturaleza	Sí	Sí
Transformación (situación Inicial, situación final)	Sí	Sí
Costo social	Indirecto Directo	Directo
Evaluación de pérdidas/daño	No necesariamente	Sí
Función de	Indicador	Amenaza y daño
Establecimiento de línea de base	Sí (de “partida”)	Alara* (de “llegada”)
Componente preventiva	Sí	Si (entre otras)
Legislación sobre proceso de evaluación	Sí	En algunos aspectos
Localización	Usualmente puntual	Usualmente local-regional
Incertidumbre	Intrínseca	Intrínseca
Tiempo	Actual y a futuro	A futuro
Respuestas	Técnicas	Entramado técnico y social (alara*)

(\*) alara: acrónimo de “as low as reasonably acceptable”

Es por ello que de la misma manera que lo hacemos en nuestra vida diaria, una sociedad debe implementar maneras de manejar, o gestionar, ese riesgo. Gestionar implica llevar adelante un conjunto de operaciones, a través del desarrollo de acciones de intervención, que implican un acto transformador de la realidad. Esta transformación se piensa en función de metas y objetivos que deberían estar previamente planificados, y que pueden generarse en función de cumplir con estándares de calidad, relación costo/beneficio (expectativa de lu-

cro), aspiraciones éticas (equidad de acceso, calidad de vida), aspiraciones estéticas, prevención.

Este proceso de gestión, en tanto conjunción de diversas tareas, es complejo y en numerosas oportunidades presenta falencias que más tarde o más temprano se manifiestan con efectos negativos para la sociedad o para el medio. En el caso que se analiza en este trabajo, este proceso se generaliza como “gestión ambiental” o “gestión ambiental de recursos naturales”, que implica una secuencia de acciones, tal como se observa en la figura 5.

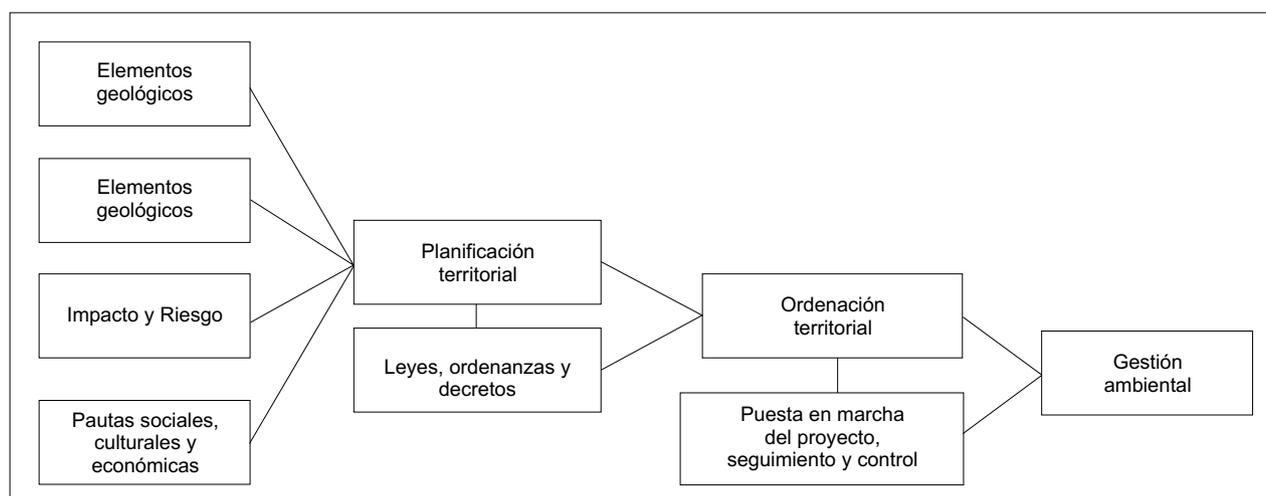


Figura 5. El proceso de gestión ambiental (tomado de Massone, 2003)

El término “planificación territorial” aparece como adaptación del término inglés más frecuentemente usado (“land-use planning”). Se entiende por tal al relevamiento y análisis del medio físico (o natural) y del medio humano (o construido), a fin de regular el uso del espacio físico y de los recursos naturales en función de la máxima compatibilidad entre actividades y medio. Asimismo, se considera la planificación territorial como una etapa de un proceso más amplio denominado “gestión ambiental”. Este proceso, que se inicia con la planificación territorial, continúa con la promulgación de leyes, ordenanzas o decretos que

permitan llevar a la práctica lo planificado. La sumatoria de planificación y legislación define el concepto de ordenación territorial. Es necesario que exista seguimiento y control del desarrollo del proyecto para completar el proceso de gestión ambiental.

En el tema que se trata en este trabajo, podríamos precisar más el concepto de gestión ambiental y hablar de “gestión de acuíferos”. En palabras de Custodio (1993), la gestión de acuíferos es el conjunto de guías, normas, leyes, reglamentos y actuaciones dirigidas a sostener, conservar, proteger, restaurar y regenerar esos acuíferos.

### 1.3 Gestión del impacto y del riesgo de contaminación de acuíferos

La bibliografía referida al proceso de gestión de riesgos en general y a desastres en particular coincide en presentar tres grandes grupos de acciones: antes, durante y después del evento (Cf Burby, 1998; Smith, 2001; Blaikie et al, 2001). Las acciones previas involucran evaluación, predicción y prevención; las acciones, que si bien se inician en la fase previa, tienen mayor desarrollo durante, forman el sistema

de alerta donde uno de sus componentes esenciales es la alarma y aquellas posteriores al evento: ayuda, rehabilitación y reconstrucción o mitigación de efectos (Smith, 2001). Como puede apreciarse en la tabla 2, este esquema podría intentar aplicarse también a la visión desde el concepto de impacto. Vale también reflexionar acerca de la particularidad del proceso de contaminación de acuíferos, donde el momento “durante” puede prolongarse en el tiempo meses o años.

**Tabla 2:** Etapas en la gestión de impactos y riesgos

	IMPACTO	RIESGO
Evaluación	Metodología EIA	Amenaza-Daño (vulnerabilidad soc.)
Predicción	¿Cómo?, ¿Cuándo?, ¿Dónde? Clasificación de impactos Escenarios en mapas de riesgo	
Prevención	Recomendaciones operativas	Metodologías estructurales y no estructurales
Alarma	En general interna	Externa. Tiempo disponible antes del evento, comunicación
Rehabilitación	Si se verifica impacto Medidas correctoras	Retorno a situación inicial luego de un episodio

Fuente: elaboración propia

A continuación se realiza un breve análisis de cada etapa:

#### Evaluación

Es bien conocido el procedimiento que conforma las evaluaciones de impacto ambiental, que básicamente consta de análisis del proyecto y alcances, informe de impacto ambiental, participación pública, revisión y evaluación final (tabla 3). El proceso de evaluación de riesgos, por su parte, se inicia definiendo cuál es el proceso a analizar, evaluar la amenaza del mismo, evaluar el daño/vulnerabilidad de la población expuesta, y combinarlas para realizar la evaluación del riesgo.

Un ejemplo de evaluación del riesgo de contaminación de acuíferos en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) puede encontrarse en Massone y Sagua (2005) aplicado en la ciudad de Miramar.

#### Predicción

La capacidad de predecir es uno de los atributos de la ciencia. En este sentido, la predicción diferencia a la ciencia de las pseudociencias, ya que las predicciones basadas en el método científico son verificables y tienen (dependiendo del conocimiento del sistema, calidad y cantidad de datos, etc.) un importante grado de certeza.

Esta certeza se debe a que están fundadas en leyes bien establecidas y en relaciones de causa y efecto verificadas. Las predicciones basadas en

el método científico, además, cuantifican lo que predicen, es decir, no sólo dicen qué y cuándo, sino también cuánto.

**Tabla 3.** Proceso de evaluación de impactos (EIA), de riesgos (ER) y de riesgo de contaminación de acuíferos (ERCA).

EIA	ER	ERCA
Un proyecto (sociedad)	Un proceso (naturaleza)	Un proceso (naturaleza)
Múltiples parámetros (naturaleza +sociedad)	Múltiples parámetros (sociedad + naturaleza)	Múltiples parámetros (sociedad + naturaleza)
Proyecto y sus alcances	Identificar el proceso a evaluar	Riesgo de contaminación de acuíferos
Informe de impacto ambiental preliminar	Evaluar la amenaza (MAPA de amenaza)	Evaluar la vulnerabilidad del acuífero
Revisión y participación pública		Evaluar la carga contaminante
Informe de impacto ambiental final		Generar mapa de amenaza
Revisión	Evaluar el daño/vulnerabilidad de la población expuesta (MAPA)	Evaluar la vulnerabilidad de la población expuesta (MAPA)
Toma de decisión	Generar mapa de riesgo	Generar mapa de riesgo
Se MIDEN indicadores, se EVALÚAN impactos y riesgos		

Fuente: elaboración propia

Los procesos de contaminación de las aguas, en particular de las aguas subterráneas, implican aspectos vinculados con la hidráulica de los medios porosos, y con la química y la termodinámica vinculadas con el comportamiento del contaminante específico. Se conocen tanto leyes hidráulicas que explican el desplazamiento del agua en el medio subterráneo, como leyes termodinámicas y químicas que explican el comportamiento y la reactividad de las especies químicas. Entonces aparece claro que la predicción de la contaminación es algo posible.

Para realizar un análisis predictivo de contaminación es necesario elaborar primero un modelo conceptual, que se define como una construcción intelectual en la cual se incluyen las características, procesos y elementos que se supone determinan el funcionamiento de un sistema. En este modelo

estarán incluidos los elementos que se relacionan con la dirección del flujo subterráneo, las características geométricas del acuífero, sus relaciones con las aguas superficiales y otros componentes del ciclo hidrológico, etc. Además de estos atributos, un elemento fundamental para elaborar el modelo conceptual son las características de la fuente de contaminación, referidas a: 1) tipo de contaminante a considerar (conservativo o no, etc.) y las características fisicoquímicas del medio (pH, temperatura, estado redox). 2) modo de disposición (puntual, dispersa o lineal), 3) posición con respecto al agua subterránea: si está en superficie, en la zona no saturada o en la zona saturada; y 4) la duración de la emisión del contaminante (pulso o emisión continua constante o con variaciones estacionales) (Foster et al, 2002).

El modelo conceptual es la base de la elaboración de un modelo numérico. Los modelos numéricos están basados en las leyes y ecuaciones que pueden aplicarse al funcionamiento de los modelos conceptuales. Muchos programas de computadora resuelven la ecuación de transporte, y muchos de los programas comerciales como VISUAL MODFLOW, FEEFLOW, etc., permiten la simulación del flujo y del transporte. Otros programas, entre los cuales el PHREEQC es el más difundido, tienen una gran potencialidad para simular las reacciones y procesos geoquímicos, y permiten simular el transporte a lo largo de una línea de flujo. La selección de uno u otro tipo de herramienta computacional dependerá del problema a resolver y de la calidad de la información disponible.

Un ejemplo bastante completo de la aplicación de estos conceptos a la predicción de la contaminación es el estudio realizado por Mascioli y Martínez (2005) en la zona del predio de disposición final de residuos en Mar del Plata en el cual se han efectuado predicciones de las máximas áreas contaminadas con un elemento conservativo en el agua, el cloruro, y otro conservativo en el medio, el zinc. Para esto se realizaron modelos de flujo con el programa VISUAL MODFLOW en los cuales se simuló primero el flujo de agua subterránea desde la zona del basural y se incorporó luego un ingreso de una cantidad de contaminante determinado "n", producto del lixiviado de la basura. En la modelación, la diferencia entre el comportamiento del contaminante conservativo en el agua y la del conservativo en el medio está determinada por el ingreso de un valor de  $K_d$ . Este coeficiente expresa la relación entre la concentración de un elemento que es adsorbido en la fase sólida y la concentración que permanece en solución; en el caso de un elemento conservativo en el agua es cero. Los resultados de este modelo muestran a diez años una extensión mayor de la contamina-

ción en el sentido del flujo que alcanza los 2500 m para el contaminante conservativo en el agua, mientras que para el Zn la extensión de la contaminación alcanza apenas unos 150 m. (Mascioli y Martínez, 2005). Otra aplicación, en el caso de la Cuenca del Río Quequén Grande (Bocanegra et al, 2005), permitió cuantificar el porcentaje de agua subterránea que ingresa al río y se pudo ajustar muy bien un modelo de niveles piezométricos que puede ser utilizado para predecir variaciones de niveles ante distintos escenarios de extracción de agua subterránea.

## Prevención

Es muy frecuente encontrar en la bibliografía referida al manejo de riesgos llamados a la "cultura de la prevención" aplicada a una gran variedad de riesgos; es claro que prevenir es la mejor y más económica manera de evitar problemas, aunque es necesario reconocer que siempre la prevención tiene algo de ingrato para los tomadores de decisión ya que implica dos aspectos: "pagar hoy para beneficiarse mañana" y "escasa prensa", ya que su éxito radica en lo que "no pasa".

Dentro de las estrategias de prevención se encuentran medidas estructurales y no estructurales, ampliamente difundidas en diversas actividades (tabla 4). Dentro de los primeros, y en el caso que nos ocupa, se encuentra la correcta realización de la perforación de abastecimiento. En el caso de Mar del Plata, por ejemplo, Obras Sanitarias Mar del Plata SE ha reglamentado la construcción de perforaciones, las que deben realizarse según lo establecido contemplando perforaciones con o sin entubamiento de la zona productiva.

Dentro de las medidas no estructurales pueden identificarse el ordenamiento territorial, las pautas generales para la localización de pozos (distancias a las medianeras y a los pozos ciegos), el control de carga contaminante, el registro oficial

de perforadores (asistencia a un curso), la concientización ciudadana (con énfasis en el cuidado sobre el bien común) y el eficaz cumplimiento de la legislación. Una medida que vale la pena mencionar es el establecimiento de perímetros de protección de perforaciones, que constituye un caso especial de ordenamiento territorial: es una técnica ampliamente difundida, pero todavía de escaso a nulo uso en el sudeste bonaerense. Se trata de establecer una serie de zonas (a menudo concéntricas) definidas en

torno a la perforación de abastecimiento, mediante el conocimiento de las condiciones hidrogeológicas locales y las propias características de la fuente y en cada una de ellas establecer restricciones de uso del suelo (Foster et al, 2002).

Una componente esencial de los programas de prevención de contaminación es el monitoreo de la calidad del agua. A la vez, resulta una estrategia básica de alerta al momento de verificar la existencia de una pluma contaminante.

**Tabla 4.** Medidas de prevención de la contaminación de acuíferos

ESTRUCTURALES	NO ESTRUCTURALES
Correcta construcción de perforaciones	Ordenamiento territorial
Correcto cegado de pozos negros	Perímetros de protección
Correcto cegado de perforaciones	Educación
Protección de bombeador o bomba	Legislación y control
Aislamiento de sustrato (ej. sitios de disposición final)	Pautas generales de localización domiciliaria
MONITOREO	

Fuente: elaboración propia

El monitoreo puede ser practicado sobre la fuente de contaminación potencial, realizándolo gradiente abajo de la fuente, y eligiendo parámetros analíticos específicos relacionados con la fuente, (Foster et al, 2002); a la vez, puede practicarse sobre los campos de bombeo o perforaciones individuales de abastecimiento, gradiente arriba de las mismas, a fin de evitar o minimizar la llegada a ellas de agua subterránea contaminada, (Foster et al, 2002).

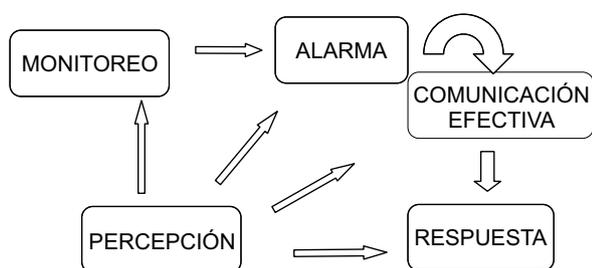
## Alarma

El sistema de alerta, especialmente el denominado de “alerta temprana”, resulta de vital importancia en un gran número de impactos y riesgos geológicos e incluye cuatro elementos esenciales: conocimiento del proceso, monitoreo y sistema de alarma, comunicación y diseminación y capacidad

de respuesta (EIRD, 2005). Para que sea efectivo, un sistema de alerta temprana debe tener la capacidad de estimular una respuesta oportuna antes que se presente el suceso. Debe identificar los usuarios de la información de la alerta temprana y cuál es la forma más eficiente de llevarles información veraz con el fin de apoyar su capacidad de toma de decisiones. Por lo tanto, debe traducir los datos relevantes en indicadores de alerta temprana. Si bien es posible que esta ‘alerta temprana’ no aporte forzosamente pruebas definitivas de degradación del medio ambiente en mayor escala, ofrece la posibilidad de determinar si se justifica intervenir o realizar otras investigaciones (EIRD, 2005).

La alarma es un componente vital del sistema; a la vez, uno de sus aspectos centrales es el tiempo disponible, lo cual en el caso de la contaminación

de acuíferos habitualmente es considerable (excepción hecha de algún tipo de accidente industrial, por ejemplo); este tiempo está en función de la distancia a recorrer, características del acuífero, tipo de contaminante, entre otros. Esta cuestión que a priori resultaría favorable, puede tornarse negativa en aspectos tales como la percepción del riesgo. La percepción constituye filtro inicial de la realidad y está estructurada a partir de mapas mentales o modelos interpretativos de esa realidad (Slovic, 1994). La percepción también controla la aceptabilidad del riesgo y las etapas del proceso de gestión (figura 6).



Fuente: elaboración propia

**Figura 6.** Percepción y comunicación en relación con la alarma

Otra componente vital es la comunicación, que puede definirse como un proceso interactivo de intercambio de información y opiniones entre individuos, grupos e instituciones referidos a un riesgo real o potencial para la salud humana o el ambiente (Lundgren, 1994). Pueden identificarse tres tipos básicos de comunicación: comunicación para el CUIDADO es la comunicación de riesgos para los cuales el peligro y la forma de manejarlo ya han sido bien determinados a través de investigación científica que es aceptada por la mayoría de una población dada; para el CONSENSO, dirigida a informar y estimular a los grupos a trabajar unidos para adoptar una decisión por común acuerdo acerca de cómo el riesgo puede ser manejado (prevenido o mitigado); por último, la comunicación de CRI-

SIS es comunicación de riesgos ante la inminencia de peligro extremo y súbito. Este tipo puede incluir tanto la comunicación durante la emergencia como después de ella.

## Rehabilitación

En este aspecto es necesario destacar que cualquier afectación producida sobre el recurso hídrico subterráneo, tanto en lo referente a su calidad química como a su disponibilidad, será mucho más dificultosa desde el punto de vista técnico y mucho más caro de remediar que una equivalente producida en el agua superficial

## 2. CONCLUSIONES

El trabajo realizado permite apreciar que la evaluación y gestión del riesgo de contaminación de acuíferos es un proceso que tiene notables particularidades metodológicas y conceptuales con respecto a otros mejor conocidos y divulgados (como es el caso de las evaluaciones de impacto ambiental o las evaluaciones de otros tipos de riesgos naturales). Las características temporales y espaciales de los mecanismos vinculados a la contaminación del agua subterránea hacen que los factores relacionados con la percepción y la comunicación del riesgo deban ser imprescindiblemente considerados a la hora de intentar un proceso de gestión del riesgo. Por otra parte, puede apreciarse que en el abordaje de la problemática de la contaminación de acuíferos las perspectivas, tanto desde el impacto ambiental como desde el riesgo, resultan complementarias y responden adecuadamente a diferentes tipos de requerimientos.

## 3. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. John Fernando Escobar y a la Geól. Teresita Betancur Vargas por las valiosas sugerencias recibidas al efectuar la lectura crítica del manuscrito.

## REFERENCIAS

- AYALA CARCEDO, F., 1988. Introducción a los riesgos geológicos. IGME, Madrid, 3-20
- BOCANEGRA E., MARTÍNEZ D., MASSONE H., FARENGA M., 2005. Modelación numérica preliminar del flujo subterráneo de la cuenca del río Quequén, Provincia de Buenos Aires. IV Congreso Argentino de Hidrogeología, Actas I: 191-200. Río Cuarto, Córdoba, 25 al 28 de octubre de 2005. ISBN 950-665-346-1.
- BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I. & B. WISNER, 2001. At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. Routledge (Ed.), 284 pp.
- BURBY, R., 1998. Cooperating with Nature. Confronting natural hazards with land-use planning for sustainable communities. Joseph Henry Press, Washington, 356 pp.
- CARDONA, O. (Editor), 2003. Indicadores para la gestión de riesgos. Programa de información e indicadores para la gestión de riesgos (BID\_CEPAL\_IDEA), Manizales, Colombia.
- CONESA FERNÁNDEZ, V., 1997. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 412 pp.
- CUSTODIO, E., 1993. Gestión y protección de acuíferos. En: Bocanegra, E. y Rapaccini, A. (Eds.) Temas actuales de la hidrología subterránea, UNMdP, CFI, 225-244.
- FOSTER, S; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M. y M. PARIS. 2002. Protección de la calidad del agua subterránea. GW-MATE-UNESCO-Banco Mundial. 115 pp.
- GALLOPIN, G., 1982. El ambiente humano y la planificación ambiental. Serie Opiniones, Ediciones del CIFCA, Madrid
- GODSCHALK, D; BEATLEY, T.; BERKE, P.; BROWER, D. & E. KAISER, 1999. Natural Hazard Mitigation. Recasting disaster policy and planning. Island Press. Conn. USA. 577 pp.
- EIRD, 2005. International strategy for disaster reduction. Platform for the promotion of early warning, en: <http://www.unisdr.org/ppew/>
- LUNDRENG, R., 1994. Risk Communication. A Handbook for Communicating Environmental, Safety and Health Risks. Battelle Press (Ed.), 175 pp.
- MASCIOLI S. y MARTÍNEZ D. 2005. Hydrogeochemical simulation and experimental determination of Zn<sup>2+</sup> transport in sediments at Mar del Plata, Argentina. International Association of Hydrogeologist Selected Papers Vol. 6: Groundwater and Human Development, Bocanegra E., Hernández M. and Usunoff E. Edits. Chapter 17: 207-216. Balkema Publishers. The Netherlands. ISBN 04 1536 443 4.
- MASSONE, H., 2003. Geología y planificación territorial en la cuenca superior del Arroyo Grande, Provincia de Buenos Aires. Tesis de Doctorado inédita, UNLP, 237 pp.
- MASSONE, H. y M. SAGUA, 2005. La integración de la vulnerabilidad social en la Evaluación del riesgo de contaminación de acuíferos. IV Congreso Argentino de Hidrogeología y II Seminario Hispano Latinoamericano sobre Temas Actuales de Hidrología Subterránea. Actas, 201-210. Río Cuarto, Córdoba. ISBN 950-665-347-X
- PANIZZA, M., 1992. Geomorphological Hazards and environmental impact: Assessment and mapping. En: Wolff, F. et al. (Eds.) Planning the Use of the Earth's Surface. 101-123.
- SLOVIC, P., 1994. Perception of risk. En: Cutter, S.(Ed.). Environmental risks and hazards. Prentice Hall , 412 pp.
- SMITH, K., 2001. Environmental hazards. Assessing risks and reducing disasters. Routledge (Ed.), 396 pp.