

# Evaluación económica y social del Plan MAGNA

Á. García-Cortés<sup>(1)</sup>, J. Vivancos<sup>(2)</sup> y J. Fernández-Gianotti<sup>(1)</sup>

(1) Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid

(2) International Development Management Española, S.A.

## RESUMEN

En este trabajo se expone el estudio de valoración económica y social (realizado entre los años 2002 y 2003) del Plan MAGNA (Mapa Geológico de España, a escala 1:50.000), siguiendo una metodología análoga a la desarrollada en 2000 por el Servicio Geológico de Illinois (USA) para la evaluación de la cartografía geológica detallada del Estado de Kentucky. Del estudio se desprenden interesantes consecuencias en relación con las demandas de los usuarios de cartografía geológica en España y se obtienen unas excelentes cifras de rentabilidad de la inversión pública destinada al Plan MAGNA, en base a los ahorros obtenidos por los diversos usuarios de estas cartografías.

Palabras clave: análisis coste beneficio, cartografía geológica, evaluación económica

## ***Economic and social value of the MAGNA Plan***

### ABSTRACT

*This paper reports the social and economic evaluation (conducted in 2002 and 2003) of the MAGNA Plan (Geological Map of Spain, 1:50.000 scale). The authors adopted a very similar methodology to that used by the Illinois Geological Survey (USA) in 2000 for the evaluation of the detailed geological maps of the State of Kentucky. Many interesting points concerning the demands of users of geological maps in Spain and the excellent returns on the public investment in the MAGNA Plan, given the savings made by the various users of the maps, were highlighted by the evaluation.*

*Key words: cost benefit analysis, economic value, geological maps*

## Introducción

Con cierta antelación a la finalización del Plan MAGNA, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) se enfrentó a la necesidad de programar las actuaciones que en materia de cartografía geológica acometería en el futuro inmediato. Las decisiones en este sentido no podían tomarse guiados por un espíritu meramente continuista y las innovaciones a introducir en las nuevas propuestas no debían ser el resultado de una mera reflexión interna, por mucha experiencia que se hubiera acumulado en el Organismo tras la extraordinaria tarea colectiva de casi 33 años de duración que ha supuesto el desarrollo del MAGNA.

Por ello, ya en Noviembre de 1999, coincidiendo con el sesquicentenario de la creación del Instituto, se organizó un *Taller de Cartografía Geotemática* para hacer una evaluación de los productos cartográficos del IGME. Se consideró entonces que por motivos de eficacia se limitaría a 25 el número de expertos invitados a realizar esta valoración técnica de las diferentes cartografías producidas por el Instituto. El

resultado de estas valoraciones se publicó en un número especial del *Boletín Geológico y Minero de España* (Goy, 2000; Portero, 2000; Berástegui y Puig, 2000 y Barrera, 2000). No cabe duda que de los debates pudieron extraerse conclusiones de interés (Rodríguez Fernández, 2000 y García-Cortés, 2000) que influyeron en cierta manera en la preparación de actuaciones ulteriores. No obstante, el carácter ciertamente restrictivo de este taller impidió pulsar de una manera más amplia, como hubiera sido deseable, la opinión de la mayor parte de los usuarios de la cartografía geológica producida en el Plan MAGNA.

Las limitaciones de los resultados del taller celebrado en 1999 y la inminente finalización del Plan MAGNA, con la cobertura del cien por cien del territorio nacional, motivaron que a mediados de 2002 la Dirección de Geología y Geofísica del IGME iniciara un ambicioso proyecto de evaluación del Plan, con un doble objetivo: en primer lugar evaluarlo socialmente, para lo cual era necesario identificar convenientemente a los usuarios, las necesidades de éstos y si el MAGNA había dado adecuada respuesta a las mis-

mas. En segundo lugar, realizar la primera evaluación *ex post* de la rentabilidad económica de un plan que ha consumido una parte muy importante de los recursos del Organismo durante los últimos 33 años. En base al resultado de esta doble evaluación se podría diseñar el alcance e intensidad de los trabajos de actualización de la cartografía generada así como la introducción de modificaciones o de posibles nuevos productos cartográficos que respondieran a las necesidades que se detectasen.

Se quería que esta evaluación económica y social fuera realizada por una empresa independiente, experta en evaluación de inversiones y de mercados, resultando elegida tras el correspondiente concurso público la empresa International Development Management Española, S.A.

### Antecedentes

La primera labor que hubo de realizar la empresa adjudicataria fue la búsqueda de antecedentes: estudios similares que se hubieran realizado por otros servicios geológicos u organismos análogos.

Ciertamente el Programa Nacional de Investigación Minera (PNIM) de 1972, en el que estaba incluido el Plan MAGNA, contabilizó *ex ante* sus posibles beneficios brutos en el equivalente de 277,89 millones de euros de 2003, que, una vez deducidas las inversiones necesarias, se transformaban en unos beneficios netos de 193,83 millones de euros, con un ratio beneficio/coste de 3,3. Consideraba únicamente los beneficios generados por la utilización de la cartografía geológica en los sectores de las aguas subterráneas, investigación minera, obras públicas y agrícola, así como una mayor tasa de ocupación de los geólogos.

En 1982, la sociedad Ecominsa a instancias del IGME realizó una nueva evaluación de los posibles beneficios del MAGNA con metodología igualmente *ex ante* e incluyendo, además de los beneficios ya considerados en la evaluación del PNIM, los correspondientes al medio ambiente y al planeamiento urbano. Dicha valoración obtenía unos beneficios brutos equivalentes a 93,52 millones de euros de 2003 que se transformaban en unos beneficios netos, mucho menores, de 19,82 millones de euros, con un ratio beneficio/coste de tan sólo 1,3.

A nivel internacional han existido algunos intentos de evaluar económicamente los programas de cartografía geológica. En Estados Unidos la bibliografía inicial publicada por el Servicio Geológico (USGS) está siempre ligada a casos reales y soportada por cálculos empíricos específicos no pudiendo

extraerse valoraciones globales. Destacan los siguientes estudios:

- Costes de la información geológica en la exploración minera: caso del *Porphyry Copper* (Watson *et al.* 1984).
- El valor social de los mapas geológicos (Bernknopf *et al.* 1993).
- Estimación del valor social de los mapas geológicos: una aplicación regulatoria (Bernknopf *et al.* 1997).
- Una aplicación probabilística a la cartografía de riesgos de desprendimiento de tierras en Cincinnati, (Ohio), con aplicaciones para la evaluación económica (Bernknopf *et al.* 1998).
- El valor de los mapas geológicos gubernamentales para la exploración minera: dos casos basados en cartografías geocientíficas multidisciplinares (Bernknopf *et al.* 2001).

De todas estos estudios, el de mayor repercusión internacional fue el de Bernknopf *et al.* (1993), donde se calculan los beneficios para el condado de Loudon (Virginia) de una cartografía geológica de mayor escala (1:100.000) que la preexistente (1:500.000), mediante la estimación de los ahorros generados en la localización de un vertedero y en el diseño de una carretera. En la localización del vertedero, una cartografía de mayor detalle eliminaría pérdidas por contaminación de terrenos por una más adecuada ubicación del vertedero gracias al mejor conocimiento de la permeabilidad de los terrenos. A su vez, gracias al mejor diseño de la carretera se evitarían obras de contención de taludes y de desescombro de desprendimientos. Con todos estos datos se proporciona un ratio beneficio/coste de la nueva cartografía de mayor detalle comprendido entre 2,11 y 4,03.

También el Servicio Geológico Británico (BGS) elaboró un estudio sobre *el valor económico de los mapas geológicos del BGS en el Reino Unido* (Ellison y Callow, 1996). Se calculó en base a un porcentaje de ahorro del total del volumen económico de las distintas actividades usuarias obteniendo como resultado unos ahorros anuales de 27 millones de euros. Para aproximarse a este porcentaje de ahorro se estudió el caso de dos ejemplos reales: los beneficios de la cartografía geológica en la explotación de gravas en Garstang, y en el control de subsidencias urbanas provocadas por disolución de yesos en Ripon. El año 2002 el BGS acometió también un análisis coste/beneficio de un programa de cartografía geológica en el Estado de Benue (Nigeria) considerando los beneficios que el conocimiento geológico plasmado en los mapas produciría en los resultados de una ambiciosa campaña de sondeos para abastecimiento de aguas.

Con esta única finalidad, el ratio beneficio/coste se estimó en 1,47.

Por último, en Australia, Scott (1999) realizó una *valoración de los Servicios Geológicos Estatales*. El objetivo era la evaluación de los programas de mejora de la información geológica que los distintos estados australianos están desarrollando actualmente, basada en el análisis de la reducción de riesgos de fracasos en la exploración minera (caso de los depósitos de *Porphyry Copper* en Yarrol, Queensland) y en la mejora en la gestión de los recursos minerales gracias a mejores y más informadas decisiones políticas. En el Estado de Queensland se obtenía un VAN, con una tasa de descuento del 6%, entre 117 y 166 millones de dólares australianos, dependiendo de los escenarios considerados.

Todos los casos comentados hasta ahora se han basado en cálculos empíricos o análisis coste/beneficio muy simplificados, focalizando el estudio en determinadas aplicaciones de los mapas geológicos. Sin embargo, en 1991 el Servicio Geológico del Estado de Illinois (ISGS) abordó una evaluación de su programa de cartografía geológica con una nueva metodología basada en una encuesta a usuarios de relieve, aunque centrando el análisis coste-beneficio del programa en los condados de Boone y Winnebago y en la reducción de futuros costes de limpieza o descontaminación por una mejor ubicación de vertederos. Extrapolando los resultados, el rango del ratio beneficio/coste del programa de cartografía geológica en todo el estado de Illinois podía variar entre 0,46 y 14,11.

Finalmente el ISGS realizó el estudio *Beneficios económicos de los mapas geológicos detallados de Kentucky* (Bhagwat e Ipe, 2000) donde perfeccionó la metodología de encuesta a usuarios, esta vez para determinar el valor de la cartografía geológica detallada en este Estado y considerando una gran variedad de potenciales usuarios. El rango del ratio beneficio/coste que este estudio arroja para el programa de cartografía geológica 1:24.000 de Kentucky es de 24,99 a 39,16. No se detallará ahora esta metodología ya que ha servido de base para la evaluación económica y social del Plan MAGNA, una vez adaptada a la realidad española y mejorada con aportaciones realizadas por el IGME y la empresa IDM, adjudicataria del estudio.

## Metodología de trabajo

Para abordar este estudio se recopiló, de muy diversas fuentes, una lista que incluía más de 1.200 contactos potenciales de expertos de empresas e institu-

ciones con gran probabilidad de haber utilizado las hojas geológicas 1:50.000 del Plan MAGNA. Dicha lista incluía consultores medioambientales, miembros de las distintas administraciones públicas, técnicos de compañías mineras, de compañías constructoras y de ingenierías, urbanistas, investigadores y profesores universitarios.

La participación en el estudio de los distintos colectivos anteriores se estructuró mediante la cumplimentación de un cuestionario cuidadosamente elaborado para lo que se solicitó la colaboración de los Colegios de Geólogos (ICOG) y de Ingenieros de Minas. El cuestionario fue diseñado con los siguientes objetivos en mente:

- Determinar los distintos tipos de actividades para las que es necesaria la utilización de las hojas MAGNA.
- Conocer la importancia que otorgan los distintos usuarios a la utilización de las hojas MAGNA en el desarrollo de los diferentes proyectos que realizan.
- Conocer la valoración de los distintos usuarios sobre el interés de posibles informaciones adicionales no incluidas actualmente en las hojas MAGNA, de los mapas geomorfológicos que ahora se publican, de las diferentes escalas posibles o de los distintos soportes (digital o papel).
- Determinar la contribución de las hojas MAGNA a la mejora de la calidad, la credibilidad y los costes en la realización de las actividades de sus usuarios.
- Estimar el valor económico de las hojas MAGNA para sus distintos usuarios.

Los resultados obtenidos en relación con las tres primeras cuestiones ayudarán a la planificación de los futuros programas y productos cartográficos del IGME. La cumplimentación de las otras dos preguntas servirá para determinar el valor económico de las hojas geológicas MAGNA, tanto en términos cualitativos como cuantitativos.

Atribuirles a las hojas MAGNA una valoración cuantitativa o económica es un problema extremadamente complejo, al tener estos mapas muy diversos usuarios, tradicionales, nuevos e incluso desconocidos, además de permitir utilidades repetidas a lo largo del tiempo. Por tanto la metodología de evaluación desarrollada ha consistido en primer lugar en estimar el valor económico de las hojas MAGNA para cada posible usuario empresarial, para posteriormente poder calcular un valor medio económico y extrapolarlo a la totalidad de los potenciales usuarios empresariales a lo largo del tiempo, y así poder obtener una estimación de la totalidad de los beneficios agregados generados por el Programa MAGNA.



MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Instituto Geológico y Minero de España

## CUESTIONARIO PARA LA EVALUACIÓN DEL PLAN MAGNA

La información es en beneficio de todos

<p><b>Naturaleza, características y finalidad</b></p> <p>Las informaciones solicitadas en este cuestionario tienen como objetivos tanto la correcta evaluación económica de los beneficios generados por el Plan MAGNA, como la mejora de los futuros planes cartográficos del IGME. Agradeceríamos por tanto todas sus opiniones/informaciones sin reservas, pues nos serán de gran utilidad.</p>	<p><b>Legislación</b></p> <p>Serán objeto de protección y quedarán amparados por el secreto estadístico, los datos personales que obtengan los servicios estadísticos tanto directamente de los informantes como a través de fuentes administrativas (art. 13.1 de la Ley de la Función Estadística Pública (LFEPE) de mayo de 1989). Todo el personal estadístico tendrá la obligación de preservar el secreto estadístico (art. 17.1 de la LFEPE).</p>
--	--

**Clasificación de su organización.** (Poner una cruz donde corresponda).

<input type="checkbox"/> Minería e hidrocarburos.	<input type="checkbox"/> Constructora.	<input type="checkbox"/> Universidad/OPI.
<input type="checkbox"/> Agricultura y Montes.	<input type="checkbox"/> Arquitectura/Urbanismo.	<input type="checkbox"/> Ingeniería.
<input type="checkbox"/> Medio Ambiente.	<input type="checkbox"/> Administración Pública.	<input type="checkbox"/> .....

**Datos de Identificación (opcional)**

Agradecemos sus datos de contacto, pero únicamente si lo considerase oportuno, al objeto de poder consultarle sobre posibles propuestas/soluciones/mejoras.

D. (D <sup>a</sup> )	Cargo
Empresa o Institución	Ciudad

Teléfono	Correo Electrónico	<input type="checkbox"/> Interés en participar en visita geológica a Parque Nacional / natural
----------	--------------------	--

**MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

Le agradeceríamos que este cuestionario sea devuelto, en el sobre adjunto a franquear en destino, y debidamente cumplimentado en un plazo no superior a 20 días, a partir de su recepción.

En caso de tener alguna duda relacionada con el cuestionario, pueden llamar al teléfono 917 287 236 del IGME, o mandar un correo electrónico a: r.martinez@igme.es

DOCUMENTO PROTEGIDO POR EL SECRETO ESTADÍSTICO

**1. Actividades de su organización que pueden requerir del uso de mapas geológicos de la serie MAGNA**

**Recursos Naturales**

<input type="checkbox"/> Rocas/Minerales Industriales	<input type="checkbox"/> Minerales metálicos	<input type="checkbox"/> Petróleo/Gas natural
<input type="checkbox"/> Carbón	<input type="checkbox"/> Aguas Subterráneas	<input type="checkbox"/> Agricultura y Montes
<input type="checkbox"/> .....		

**Medio Ambiente**

<input type="checkbox"/> Prevención de contaminación	<input type="checkbox"/> Remedación y restauración
<input type="checkbox"/> Gestión y conservación del medio natural	<input type="checkbox"/> Evaluación de Impacto ambiental
<input type="checkbox"/> .....	

**Riesgos Naturales**

<input type="checkbox"/> Desprendimientos/Deslizamientos	<input type="checkbox"/> Subsidiencias/Colapsos	<input type="checkbox"/> Terremotos
<input type="checkbox"/> Avenidas/Inundaciones	<input type="checkbox"/> Vulcanismo	<input type="checkbox"/> .....

**Ingeniería**

<input type="checkbox"/> Edificación/Cimentación	<input type="checkbox"/> Carreteras/Autopistas	<input type="checkbox"/> Ferrocarriles
<input type="checkbox"/> Oleoductos/Gasoductos	<input type="checkbox"/> Infraestructuras eléctricas	<input type="checkbox"/> Regadíos
<input type="checkbox"/> Presas/Canales/Abastecimiento	<input type="checkbox"/> Puertos	<input type="checkbox"/> .....

**Ordenación del Territorio y Urbanismo**

<input type="checkbox"/> Ordenación/Planeamiento territorial	<input type="checkbox"/> Planeamiento/Calificación urbanística
<input type="checkbox"/> Localización de vertederos	<input type="checkbox"/> Localización de polígonos Industriales
<input type="checkbox"/> .....	

**Tasaciones de terrenos, seguros e informes periciales**

<input type="checkbox"/> A efectos impositivos	<input type="checkbox"/> Adquisición de terrenos	<input type="checkbox"/> Seguros
<input type="checkbox"/> Informes periciales	<input type="checkbox"/> .....	

**Investigación y docencia**

<input type="checkbox"/> Investigación	<input type="checkbox"/> Enseñanza	<input type="checkbox"/> .....
--	------------------------------------	--------------------------------

---

**2. ¿Qué porcentaje de sus actividades durante los últimos cinco años, dependió de la utilización de mapas geológicos? ..... %**

---

**3. ¿Qué informaciones adicionales no actualmente reflejadas en los mapas geológicos MAGNA le interesaría que se incluyeran? Por favor enumérelas.**

.....

.....

.....

Fig. 1.a. Formulario de la encuesta (1ª parte)  
Fig. 1.a. Questionnaire (Part 1)

El cuestionario contenía 12 preguntas detalladas, además de los datos opcionales de identificación y clasificación de la organización, requiriéndose a cada participante la cumplimentación de más de 50 respuestas numéricas o de SI/NO y 9 respuestas descriptivas. Los 1.200 cuestionarios fueron puestos en el correo en junio de 2003 y se realizó un seguimiento telefónico por el ICOG y Valgrande Remain S.L., culminándose la encuesta a mediados del mes de agosto con la contabilización de la recepción de 311 cuestionarios (26% de los encuestados).

De los anteriores cuestionarios recibidos, 118 podrían considerarse como completos, siendo los restantes 193 mediana o limitadamente completos. Dichos resultados permitieron, para las preguntas no económicas, obtener una respuesta mínima superior a 200 observaciones. En relación con las distintas cuestiones económicas, entre 156 y 205 respuestas incluían algún grado de descripción de las experien-

cias obtenidas durante la utilización de entre 934 y 2.567 hojas MAGNA.

Como resumen se podría indicar que las tabulaciones de las anteriores observaciones requirieron la entrada de más de 8.400 datos numéricos o identificativos y de más de 1.200 respuestas descriptivas para su posterior análisis.

### La valoración cualitativa del Plan MAGNA

La información contenida en las hojas MAGNA es requerida para la realización de distintas tareas que cubren prácticamente la totalidad del espectro de las actividades empresariales, universitarias e investigadoras de la sociedad, vinculadas con el medio geológico. En el ejemplo de la muestra de respuestas obtenidas, una media de 40'9% de las actividades de los distintos participantes en la encuesta requirió, duran-

<p><b>4. En su opinión, ¿qué grado de utilidad tiene el mapa geomorfológico que se está incluyendo últimamente en los mapas geológicos MAGNA?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Muy útil    <input type="checkbox"/> Bastante útil    <input type="checkbox"/> Medianamente útil    <input type="checkbox"/> Poco útil    <input type="checkbox"/> Nada útil</p> <p>¿Qué informaciones adicionales actualmente no contenidas en dicho mapa geomorfológico le interesaría que se incluyeran?</p> <p>.....</p> <hr/> <p><b>5. ¿Qué escala de los mapas geológicos sería de mayor utilidad para Vd.?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Mayor de 1:25.000    <input type="checkbox"/> 1:25.000    <input type="checkbox"/> 1:50.000    <input type="checkbox"/> 1:200.000    <input type="checkbox"/> .....</p> <p>Comentarios .....</p> <hr/> <p><b>6. ¿El soporte papel del mapa geológico es de utilidad para Vd.?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Sí    <input type="checkbox"/> No    Comentarios .....</p> <hr/> <p><b>7. ¿Son los mapas geológicos digitales de utilidad para Vd.?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Sí    <input type="checkbox"/> No    Comentarios .....</p> <p>En caso afirmativo ¿requeriría que el mapa viniese acompañado de una aplicación con funcionalidades de análisis?</p> <p><input type="checkbox"/> Sí    <input type="checkbox"/> No    Comentarios .....</p> <hr/> <p><b>8. En un proyecto típico de su organización, cuando no existen mapas geológicos MAGNA ¿qué porcentaje de los presupuestos del proyecto debe invertirse en investigación geológica sustitutiva mediante trabajo propio o contratada?</b></p> <p>..... %</p> <p>Presupuesto global aproximado de un proyecto típico Euros/Pts. .... <small>(fíchese lo que no proceda)</small></p>	<p><b>9. Cite los ejemplos que le sea posible, sobre cómo los mapas geológicos MAGNA mejoraron la calidad y/o credibilidad de su trabajo (Use espacio adicional si fuese necesario).</b></p> <p>.....</p> <hr/> <p><b>10. Describa proyectos en los cuales la falta de mapas geológicos MAGNA generó un mal planeamiento o costes adicionales. (Use espacio adicional si fuese necesario).</b></p> <p>.....</p> <hr/> <p><b>11. Ejemplo de un caso real:</b></p> <p>A. Título descriptivo de un proyecto determinado en el que Vd. utilizó mapas geológicos MAGNA:</p> <p>.....</p> <p>B. Presupuesto global del proyecto Euros/Pts. .... <small>(fíchese lo que no proceda)</small></p> <p>C. Número aproximado de diferentes hojas geológicas MAGNA utilizadas: .....</p> <p>D. Si los mapas geológicos MAGNA no hubieran existido ¿qué cantidad hubiera sido necesaria invertir para obtener la información contenida en ellas? Mejor estimación del gasto necesario Euros/Pts. .... <small>(fíchese lo que no proceda)</small></p> <p>E. Si los mapas geológicos MAGNA existieran, ¿podría Vd. estimar los ahorros que les fueron generados por su disponibilidad? Mejor estimación de ahorros Euros/Pts. .... <small>(fíchese lo que no proceda)</small></p> <p>F. En este último caso, dado el valor para Vds. de los mapas geológicos MAGNA. ¿Cuánto se habría estado dispuesto a pagar por la información geológica contenida en ellas? Mejor estimación del pago Euros/Pts. .... <small>(fíchese lo que no proceda)</small></p> <hr/> <p><b>12. Cualquier otro comentario sobre los programas de cartografía geológica del IGME que Vd. considere de interés reflejar:</b></p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p style="text-align: center;"><b>UNA VEZ CUMPLIMENTADO EL QUESTIONARIO UTILICE EL SOBRE ADJUNTO CON FRANQUEO PAGADO</b></p>
--	--

Fig. 1.b. Formulario de la encuesta (2ª parte)  
Fig. 1.b. Questionnaire (Part 2)

te los últimos 5 años, la utilización de mapas geológicos. Es un primer dato que confirma el acierto en la selección del colectivo encuestado.

Es de destacar la importante representación, entre los cuestionarios recibidos y en relación con las respuestas al concepto de tipo de organización de las actividades de ingeniería, universitaria y OPIs y minería e hidrocarburos, que suponen más del 63% de los expertos/empresas participantes (véase Figura 2), correspondiendo el 37% restante a actividades como la administración pública en sus distintos niveles, la consultoría medioambiental, la construcción, la agricultura y los montes y un capítulo de otras, en el que se incluyen desde consultoras geológicas, hasta servicios de abastecimiento de agua, pasando por control de calidad, cartografía, consultores autónomos y la producción de ferroaleaciones.

Las figuras siguientes (Figuras 3 a 10) reflejan la primera evaluación global realizada sobre las razones

de utilización de las hojas MAGNA a nivel del Estado por los distintos grupos de usuarios. En las figuras, que corresponden a las 7 grandes áreas de actividades económicas y medioambientales en las que según las respuestas se requiere la utilización de las hojas MAGNA, cada una de las barras indica el porcentaje de la totalidad de los encuestados que afirma utilizar realmente las hojas geológicas MAGNA. La suma global de todas las respuestas puede ser superior a 100%, ya que en la mayoría de ellas se indica más de una utilización.

La consideración de la gestión, extracción y desarrollo de recursos naturales (véase Figura 3) como la principal área de utilización de las hojas MAGNA, no hace más que indicar, como se podría prever, su enorme incidencia en la gestión de las aguas subterráneas y en la de las actividades mineras en todos sus ámbitos, a nivel estatal. Asimismo la relevancia de las utilidades de estos mapas geológicos para el desa-

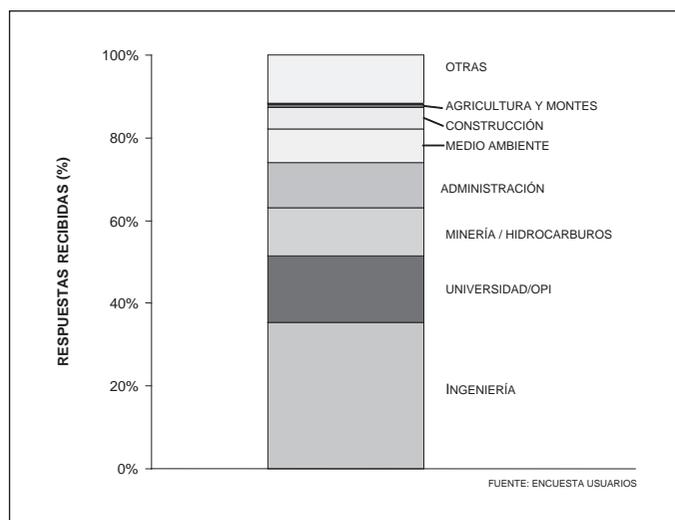


Fig. 2. Clasificación de las organizaciones encuestadas  
 Fig. 2. Classification of the organisations surveyed

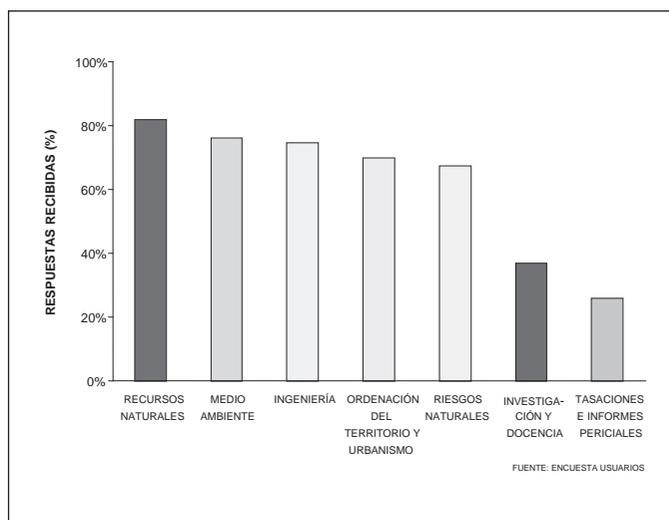


Fig. 3. Actividades desarrolladas por las organizaciones que requieren hojas MAGNA  
 Fig. 3. Activities of the organizations that require MAGNA sheets

rollo de proyectos medioambientales, de ingeniería y de urbanismo, todas superiores o iguales al 70%, refleja el enorme esfuerzo por el desarrollo moderno y riguroso de inversiones en infraestructuras, en que se encuentra inmersa la sociedad española en los últimos años (autovías, AVE, planes urbanísticos, ...).

La consideración de las aguas subterráneas como la categoría de uso más frecuente de hojas MAGNA, dentro de las categorías de actividades de gestión de los recursos naturales (Figura 4), indica tanto la importancia del agua subterránea como un elemento fundamental para la actividad humana, como la importancia de las hojas MAGNA para el desarrollo, utilización sostenible y protección de dicho recurso.

La segunda mayor utilización de las hojas MAGNA para la gestión, exploración y desarrollo de recursos naturales es la relacionada con las rocas y minerales industriales, otro componente de gran incidencia en la economía. El fuerte crecimiento del sector rocas/minerales industriales viene originado fundamentalmente por dos causas, la fuerte inversión mencionada anteriormente en infraestructuras durante los últimos años y el gran desarrollo de la construcción.

La utilización según más de un 63% de las respuestas, de las hojas MAGNA para tareas de evaluación de impacto ambiental entre las utilidades medioambientales (Figura 4) refleja la importancia otorgada por las últimas reglamentaciones a los estudios de impacto ambiental, unido al fuerte desarrollo inversor en esos campos ya reiteradamente comentado.

Al mismo tiempo, las actividades más tradicionalmente asimiladas con el sector medioambiental, co-

mo la remediación y la restauración, la gestión y la conservación del medio natural y la prevención de la contaminación, justifican la utilización de hojas MAGNA en los proyectos de los participantes en la encuesta, en niveles superiores al 34% de los casos.

La Figura 6 indica la utilidad de las hojas MAGNA tanto para el mantenimiento de las infraestructuras del Estado como para las pujantes actividades de construcción de edificios, de carreteras, de presas, de ferrocarriles, de puertos, de oleoductos y gasoductos, de regadíos, canales y abastecimiento de aguas o de infraestructuras eléctricas, actualmente en curso. La mayor parte de las construcciones requieren de áridos para la cimentación y los hormigones de alta calidad, ayudando los mapas geológicos a la localización de yacimientos cercanos de áridos, que permiten reducir sustancialmente los costes de transporte. Las hojas geológicas asimismo ayudan a la predicción de las condiciones de construcción y excavación y permiten desarrollar planes de mitigación de riesgos para zonas con riesgos geológicos de consideración.

Asimismo, la Figura 5, dada la amplia base sectorial a la que corresponden las distintas aplicaciones representadas, sirve para reflejar la gran amplitud de utilidades de las hojas MAGNA y de las informaciones geológicas en la economía española.

La Figura 7, refleja las respuestas de los usuarios de las hojas 1:50.000 del Plan MAGNA para actividades de ordenación del territorio y urbanismo, destacando la localización de vertederos, con una respuesta del 53%, como la de mayor utilización. La valoración exhaustiva de las condiciones geológicas de los terrenos es imprescindible durante el proceso

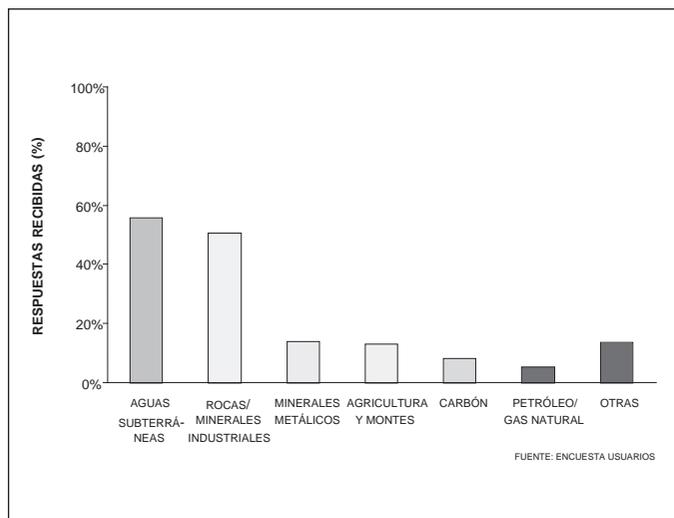


Fig. 4. Utilización de hojas MAGNA en actividades relacionadas con los recursos naturales  
 Fig. 4. Use of MAGNA sheets for activities relating to natural resources

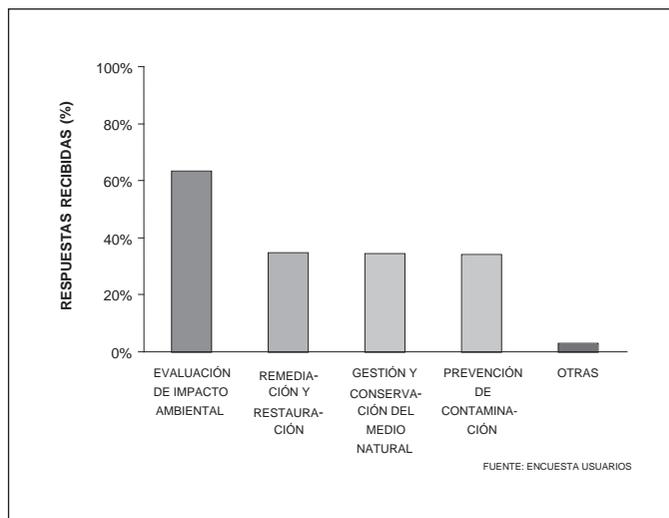


Fig. 5. Utilización de hojas MAGNA en actividades relacionadas con el medio ambiente  
 Fig. 5. Use of MAGNA sheets in environmental activities

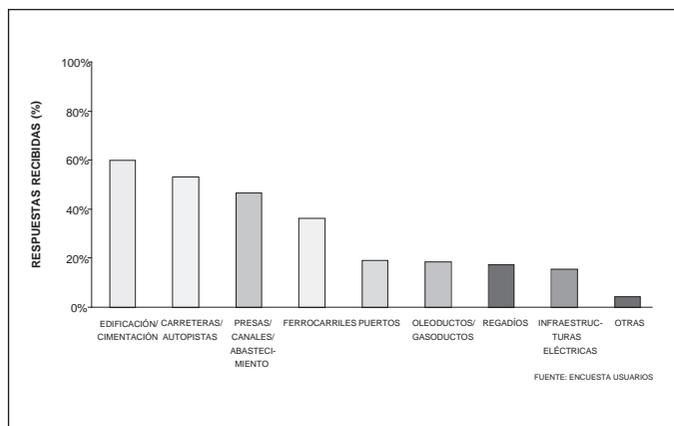


Fig. 6. Utilización de hojas MAGNA en actividades de ingeniería  
 Fig. 6. Use of MAGNA sheets in engineering activities

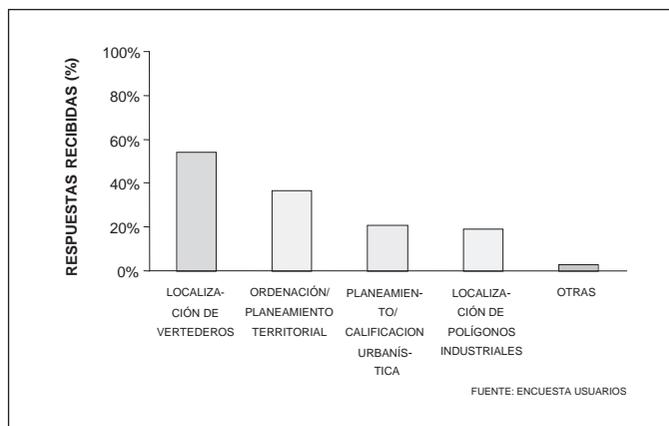


Fig. 7. Utilización de hojas MAGNA en actividades de ordenación del territorio y urbanismo  
 Fig. 7. Use of MAGNA sheets for land management and town planning

de evaluación ligado a la concesión de licencias, para poder acometer adecuadamente tanto la localización de vertederos, como de polígonos industriales, en los que pudieran desarrollarse actividades potencialmente contaminantes. Además durante los últimos años en España, como en la mayoría de los principales países económicamente más avanzados, han experimentado un fuerte desarrollo las zonas urbanas.

En el caso de que los mapas geológicos no existieran, la información debería obtenerse de fuentes alternativas, siempre que ello fuese posible y normalmente incurriendo unos costes económicos y unos plazos muy superiores. Tanto las tareas de ordena-

ción del territorio, como las de planeamiento urbano, son indispensables para evitar que el crecimiento de la población y los procesos migratorios o cambios demográficos puedan acarrear tensiones medioambientales de importancia, y más en particular en los casos en los que las condiciones geológicas de los terrenos afectados no fuesen compatibles con las posibles recalificaciones solicitadas.

Se podría por tanto resumir, que la utilización de los mapas geológicos en la planificación urbanística sirve para obtener las respuestas adecuadas a cuestiones clave relacionadas con la optimización de la utilización de los terrenos; habiendo asimismo permi-

tido el desarrollo de códigos constructivos y que los fenómenos geológicos como los terremotos, las subsidencias y colapsos tienen una incidencia directa en los requisitos necesarios para una construcción segura.

Precisamente la Figura 8 refleja la utilización de los mapas geológicos para la comprensión de las causas potencialmente generadoras de riesgos geológicos, al objeto de poder colaborar en las tareas de mitigación y prevención de sus posibles impactos.

Las tres principales utilidades de los mapas geológicos en actividades relacionadas con los riesgos naturales, tienen como objetivo el hacer frente a posibles desprendimientos/deslizamientos de terrenos, a posibles avenidas e inundaciones y a posibles subsidencias o colapsos de terrenos, fenómenos, por desgracia, relativamente frecuentes en España.

La Figura 9 indica las pautas de utilización de las hojas MAGNA para actividades de investigación y docencia, entre las que destaca su utilización para tareas de investigación, que alcanza un 32'8% de las respuestas recibidas.

Los informes periciales o las tasaciones de terrenos a efectos de su adquisición (Figura 10) también pueden requerir de la utilización de hojas MAGNA. En ciertos casos el conocimiento de las condiciones geológicas de un terreno, que podrían indicar futuros problemas o contingencias/responsabilidades, puede ser de gran interés, conteniendo obviamente los mapas geológicos las informaciones básicas al respecto (vulnerabilidad a la contaminación, existencia de recursos mineros, etc...).

### **Valoración de la oferta actual y posibles mejoras del MAGNA**

El soporte papel de las hojas MAGNA es considerado de utilidad para el 95'8% de las respuestas obtenidas (véase Figura 11). Como resumen de los comentarios recibidos sobre la utilidad del soporte papel de las hojas MAGNA se podría señalar que dicho soporte es considerado como imprescindible para las consultas en campo y en el desarrollo de proyectos docentes o de investigación.

En la misma figura puede observarse que la versión digital de las hojas MAGNA obtiene la aprobación del 91'6% de las respuestas obtenidas. Los mapas digitales son considerados muy necesarios ya que permiten una mayor agilidad tanto en la combinación/modificación de documentos como en las consultas. Sin embargo, sus precios son todavía percibidos como elevados, citándose asimismo cierta

limitación en las informaciones contenidas, y más en particular la carencia de bases topográficas.

Las aplicaciones con funcionalidades de análisis son requeridas por el 86'6% de los usuarios interesados en la utilización del formato digital de las hojas MAGNA (véase Figura 11). Se demanda unas funcionalidades sencillas sobre temas básicos y compatibles con SIG.

No obstante algunos usuarios demandan funcionalidades más complejas, difícilmente realizables, como la posibilidad de obtener cortes geológicos de forma automática.

La escala 1:50.000, utilizada actualmente en las hojas MAGNA, con la excepción de los territorios insulares, cuya escala de representación es 1:25.000, está considerada como la de mayor utilidad únicamente para el 23'2% de las respuestas recibidas (véase Figura 12). Sin embargo la escala 1:25.000, que ha sido utilizada en algunos programas de cartografía geológica a nivel autonómico, es considerada como la escala de mayor utilidad para el 75'8 de las respuestas obtenidas. Es curioso que sólo el 30% de las respuestas consideren las escalas superiores al 1:25.000 las de mayor utilidad. Es seguro que los encuestados conocen que a nivel de proyecto son necesarias cartografías de mayor detalle pero no las demandan a un Organismo estatal probablemente conscientes de la inviabilidad de la propuesta. Esta autolimitación en la demanda de escalas mayores da sin duda más fuerza a la solicitud de los usuarios que plantean la necesidad de abordar programas a escala 1:25.000.

Para la planificación de los nuevos programas cartográficos del IGME, es asimismo de gran importancia conocer los tipos de informaciones adicionales, no reflejadas actualmente en los mapas, que son de interés para los usuarios, al objeto de poder ser incluidas en los productos futuros. La Figura 13 pretende dar respuesta a la anterior cuestión, destacando como las informaciones adicionales del máximo interés para los usuarios aquellas relativas a los puntos de interés geológico y los datos de recursos minerales, hidrogeología y posibles riesgos naturales. Es importante destacar que, de alguna forma, en la normativa diseñada para la actualización del MAGNA los cinco aspectos que más interesan ya se habían recogido, así como otros cuatro aspectos más de la zona media del gráfico (señalados en la Figura 13 con asteriscos).

La Figura 14 nos indica la valoración del mapa geomorfológico que se está publicando conjuntamente con los mapas geológicos, siendo considerado como muy útil o bastante útil por el 78'8% de las respuestas recibidas. Asimismo se recogen en la

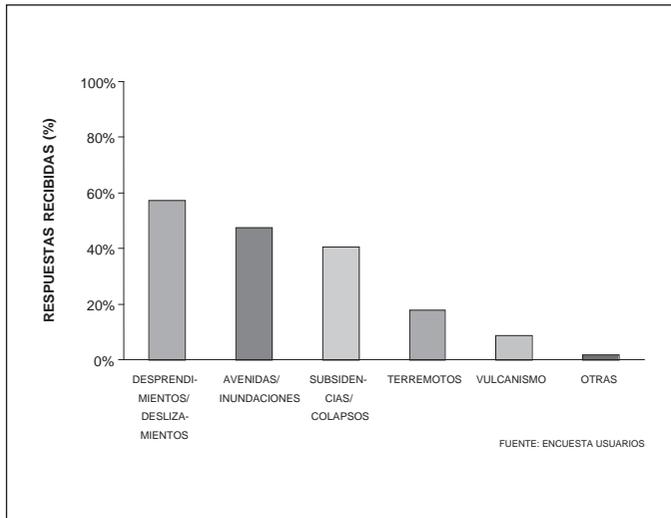


Fig. 8. Utilización de hojas MAGNA en actividades relacionadas con los riesgos naturales  
 Fig. 8. Use of MAGNA sheets for activities associated with natural hazards

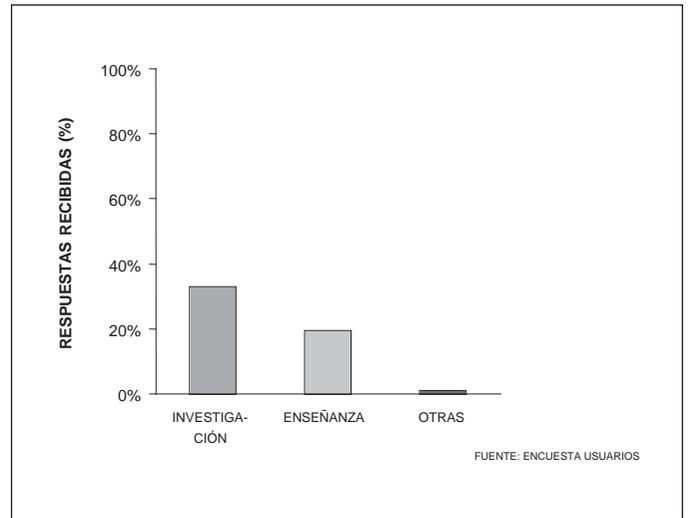


Fig. 9. Utilización de hojas MAGNA en actividades de investigación y docencia  
 Fig. 9. Use of MAGNA sheets for research and teaching

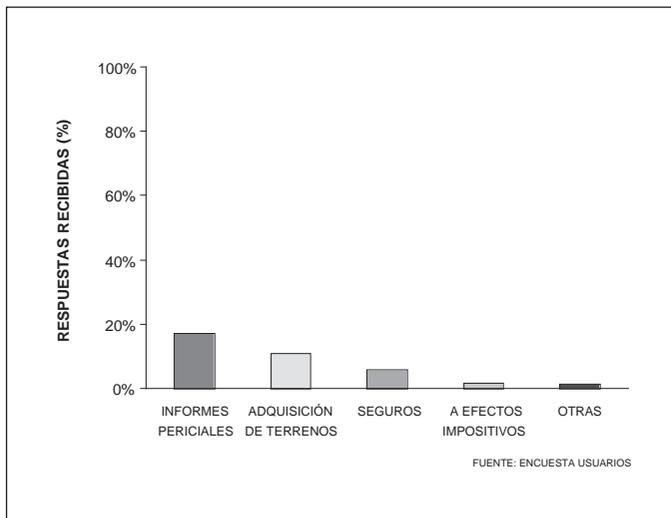


Fig. 10. Utilización de hojas MAGNA en la tasación de terrenos, seguros e informes periciales  
 Fig. 10. Use of MAGNA sheets for evaluation of land, insurance and expert reports

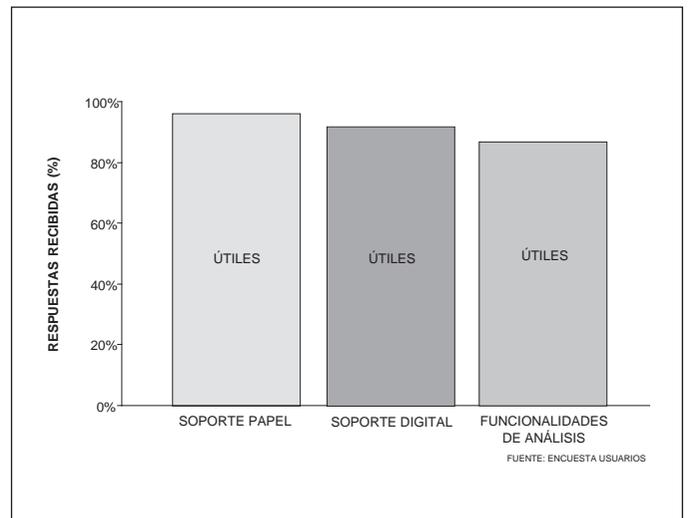


Fig. 11. Utilidad de los soportes papel/digital y de funcionalidades de análisis  
 Fig. 11. Use of paper and digital formats and of analysis functions

Figura 15, las respuestas correspondientes a las informaciones adicionales no incluidas actualmente en dichos mapas geomorfológicos que los usuarios agradecerían fueran incluidas, destacando principalmente las informaciones sobre posibles riesgos naturales, puntos de interés geomorfológico y suelos. También aquí el IGME se ha anticipado a la demanda recogiendo en la nueva normativa que se está diseñando los aspectos señalados con un asterisco en la Figura 15.

### Valoración cuantitativa del Plan MAGNA

#### Estimación empírica del valor económico unitario de las hojas MAGNA

Una primera aproximación al valor económico de las hojas MAGNA se deriva de la respuesta de los usuarios a la pregunta octava del cuestionario "En un proyecto típico de su organización, cuando no existen mapas geológicos MAGNA ¿qué porcentaje de los

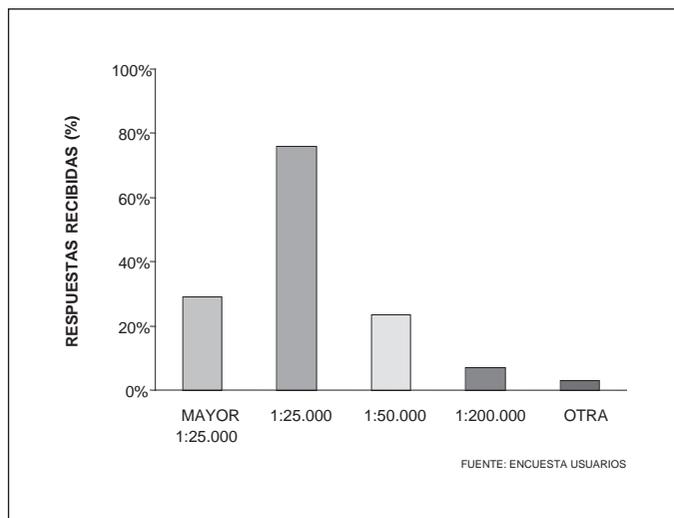


Fig. 12. Escalas de mayor utilidad en los mapas geológicos  
Fig. 12. *Most useful scales of the geological maps*

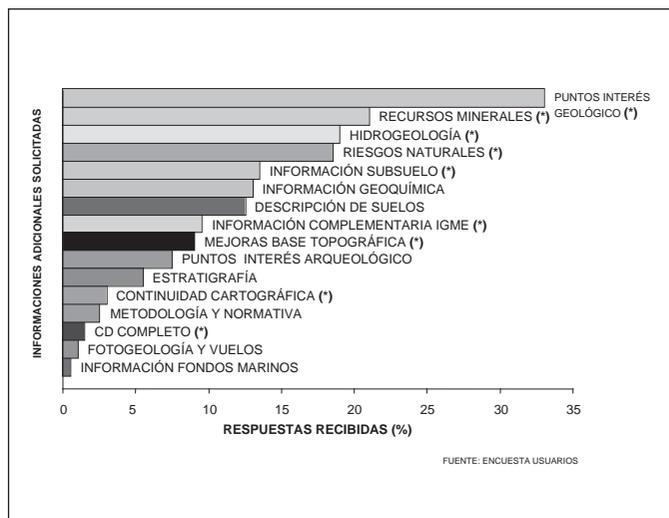


Fig. 13. Informaciones adicionales de posible interés a incluir en las hojas MAGNA  
Fig. 13. *Additional information that could be included on the MAGNA sheets*

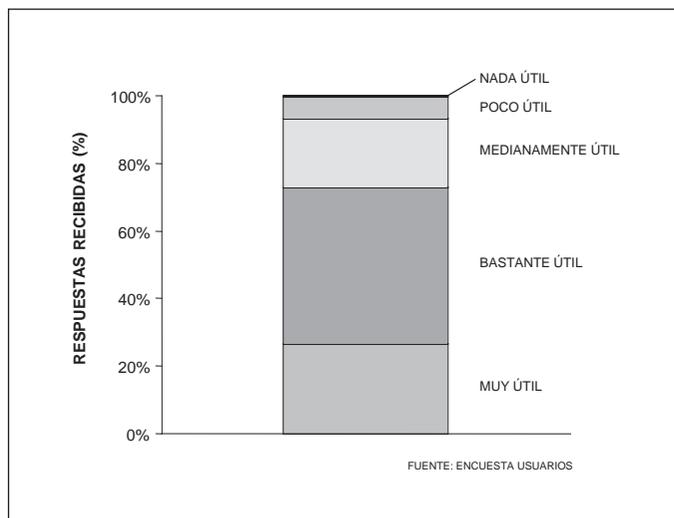


Fig. 14. Utilidad del mapa geomorfológico incluido en las hojas MAGNA  
Fig. 14. *Usefulness of the geomorphological map included in the MAGNA sheets*

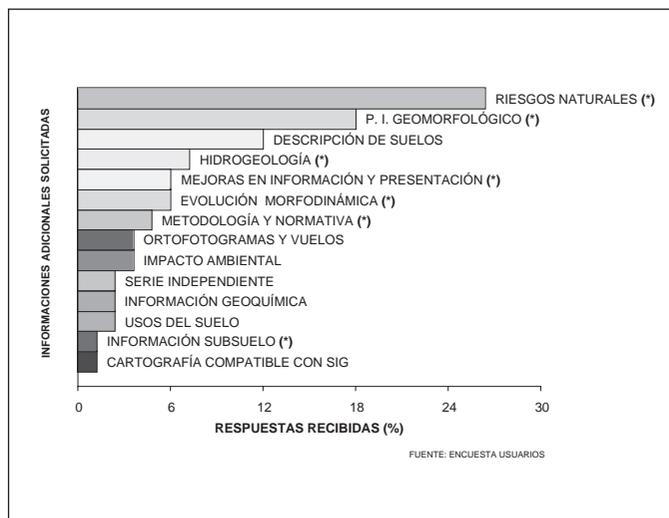


Fig. 15. Informaciones adicionales de posible interés a incluir en los mapas geomorfológicos  
Fig. 15. *Additional information that could be included in geomorphological maps*

presupuestos del proyecto debe invertirse en investigación geológica sustitutiva mediante trabajo propio o contratada?. Esta pregunta está basada en la premisa de que los usuarios ante la ausencia de hojas MAGNA, deberían hacer de manera directa inversiones en la recogida de la información geológica necesaria para su toma de decisión.

Entre las 212 respuestas a esta pregunta recibidas, 105 indicaban que se invertiría hasta un 10% del presupuesto global del proyecto correspondiente para

recabar las informaciones geológicas necesarias, en el caso de que los mapas geológicos no estuvieran disponibles. Una inversión de entre 10 y 20% es reflejada en 59 de las respuestas y 24 respuestas indicaban un rango entre 20 y 30% de la inversión (Figura 16). Las 24 respuestas restantes estimaban unas necesidades superiores al 30%. Como estimación de la inversión directa requerida para poder recopilar e investigar las distintas informaciones geológicas necesarias para un adecuado desarrollo del proyecto

en realización, para el caso de que éstas no se encontrasen disponibles, se obtienen una media ponderada del 4'38% del presupuesto de los proyectos.

En el apartado B de la cuestión 11 se preguntaba a los usuarios sobre el presupuesto global de un proyecto típico, obteniéndose para las 182 respuestas recibidas como media aritmética del presupuesto de un proyecto 3.899.662 €. Adicionalmente en el apartado C se preguntaba por el número aproximado de distintas hojas geológicas MAGNA utilizadas, obteniéndose una media aritmética para las 202 respuestas conseguidas de 12'7 hojas MAGNA por proyecto.

Una primera valoración de los ahorros obtenidos por la utilización de las hojas MAGNA podría indicarse mediante el cálculo siguiente:

$$\text{Ahorros por hoja} = \frac{\text{presupuesto medio} \times \text{media información geológica}}{\text{Media hojas MAGNA utilizadas por Proyecto (número)}}$$

$$= \frac{3.899.662 \text{ €} \times 4'381\%}{12'71 \text{ hojas}} = 13.441 \text{ €/hoja}$$

Posteriormente la cuestión 11, en su apartado D preguntaba a los usuarios y para un proyecto real determinado, su mejor estimación de la inversión necesaria para poder obtener la información geológica contenida en las hojas geológicas MAGNA utilizadas, caso de no haber existido éstas. En el apartado E se preguntaba asimismo a los usuarios y para el mismo proyecto específico, sobre su mejor estimación de los ahorros generados por la existencia de las hojas MAGNA y por último en el apartado F se les solicitaba nuevamente para el mismo proyecto real, una estimación sobre su mejor disposición de pago respecto de las hojas MAGNA utilizadas, en función de la utilidad de la información contenida en ellas. El resumen de los resultados obtenidos viene reflejado en la tabla siguiente:

	Valor agregado	Nº de hojas	Por hoja (€)
Valor máximo	29.176.170	1.446,50	20.170,00
Valor mínimo	10.963.045	1.446,50	7.579,00
Disposición de pago	1.446.770	934,00	1.549,00

Tabla 1. Estimación del valor económico de las hojas MAGNA  
Table 1. Calculation of the economic value of the MAGNA sheets

El valor estimado mínimo de una hoja MAGNA para los distintos usuarios obtuvo respuestas en un rango que osciló entre 0 y 500.000 €. Para el caso del valor estimado máximo de una hoja MAGNA el rango osciló entre 0 y 3.000.000 € y por último en el caso de la disposición de pago de los diferentes usuarios por una hoja MAGNA el rango osciló entre 0 y 26.667 €.

Es importante destacar que el cuestionario se dise-

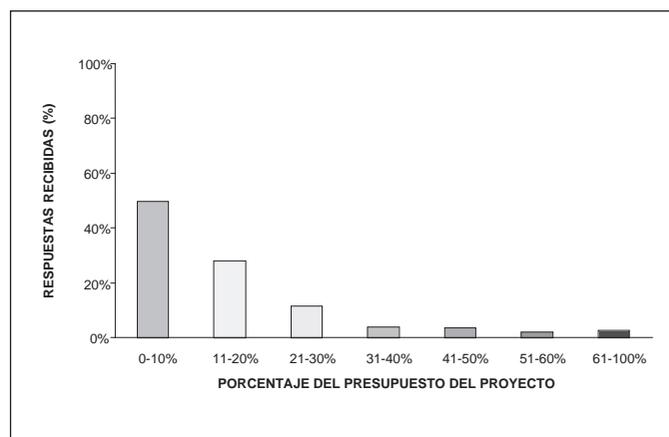


Fig. 16. Inversión en investigación geológica sustitutiva ante la inexistencia de hojas MAGNA

Fig. 16. Investment in substitute geological research when MAGNA sheets do not exist

ñó de manera que hubiese algún sistema de validación de las respuestas a estos aspectos de valoración cuantitativa. Con la pregunta 8 y los apartados B y C de la pregunta 11 se obtuvo una primera valoración de los ahorros obtenidos por hoja (13.443,00 €). En los apartados D y E de la pregunta 11 los propios encuestados estimaban el valor máximo y mínimo de los ahorros generados en un proyecto tipo que, dividido por el número de hojas empleadas, permitía obtener cifras máximas y mínimas de 20.170 € y 7.579 €, lo cual encaja perfectamente con el dato medio obtenido por vía independiente.

### Estimación empírica de los beneficios agregados del plan MAGNA

El valor agregado de los beneficios anuales del Programa MAGNA ha sido estimado mediante la multiplicación del número de usuarios de cada uno de los años por el número de hojas MAGNA utilizadas por cada usuario y por los valores estimados medios de las hojas MAGNA reflejadas en la Tabla I. Una importante aclaración a realizar es que el número de usuarios por el número de hojas MAGNA utilizadas se ha hecho corresponder, como primera aproximación, con la estimación de ventas de Hojas MAGNA. Como una hoja vendida puede utilizarse en varios proyectos, los resultados obtenidos basándose en las hipótesis anteriores generarán obviamente una estimación conservadora de los beneficios agregados.

La segunda variable a considerar en la estimación de los beneficios totales del Plan MAGNA es la acumulación de dichos beneficios a lo largo de los dis-

tintos años. En nuestro caso sólo se ha podido estimar el valor de las hojas MAGNA sobre la base de respuestas de usuarios recopiladas durante 2003. Las estimaciones de los valores de 2003 pueden reflejar o no los valores de años anteriores, a causa de la evolución de los mercados y de las situaciones legales y económicas, y asimismo pueden variar con el tamaño y los costes de los proyectos en los que se utilizan las hojas MAGNA. Por lo tanto y fundamentalmente por un criterio de simplicidad, tomamos como hipótesis que el valor relativo de las hojas MAGNA utilizadas en los proyectos de los distintos años, sería similar al de su valoración económica actual, con las lógicas correcciones por depreciación del poder adquisitivo de la unidad monetaria.

Resumiendo, podríamos indicar que las anteriores simplificaciones, nos llevan a obtener la estimación del valor agregado del programa MAGNA a lo largo del tiempo, mediante la multiplicación de las estimaciones del valor económico de las Hojas MAGNA en 2003 por el número de hojas vendidas a lo largo de todos los años de vigencia del Plan.

Por otro lado, las hojas MAGNA se comercializan por el propio IGME, por el Instituto Geográfico Nacional y por muy diversas librerías de distintas ciudades, lo cual hace prácticamente imposible la recopilación de estadísticas fiables de ventas a lo largo del tiempo y para los distintos colectivos de usuarios.

Asimismo, no existe una certeza total sobre el tamaño de las ediciones de las distintas hojas MAGNA realizadas hasta los años ochenta, habiéndose además producido diversas incidencias en los almacenes del servicio de publicaciones del IGME a lo largo del tiempo, que han obligado a desechar cierta cantidad de ejemplares disponibles como inutilizables. Por lo tanto ha sido necesario la realización de un muestreo analítico de cada una de las facturas correspondientes a ventas de hojas durante el año 2002. Los resultados obtenidos están reflejados en la Tabla 2.

Entidad	Total ventas (Nº ejemplares)	Ventas a empresas (Nº ejemplares)	(%)
IGME	1.909	1.165	61,0
IGN	1.272		
Librerías	10.264		
Total	13,445	8.205*	61,0
Hojas disponibles	924	924	
Ejemplares vendidos por hoja	14,55	8,88*	
*Estimación		Fuente: IGME	

Tabla 2. Estimación de ventas de hojas MAGNA en 2002  
Table 2. Calculation of sales of MAGNA sheets in 2002

Asimismo hay que considerar que la edición de las distintas hojas MAGNA fue realizada de manera gradual a lo largo del tiempo, de acuerdo con el avance del Plan, según se refleja en la Tabla 3. Utilizando el valor medio obtenido por el muestreo del IGME de las facturas de 2002 (8'88 ejemplares vendidos a empresas por hoja editada) llegamos a la estimación de ventas acumuladas totales de las hojas MAGNA a las empresas a lo largo de los 32 años de vigencia del Plan. La cantidad obtenida es 165.576 unidades y será la que nos sirva de base para realizar los cálculos de valor económico agregado del Plan MAGNA.

En un informe sobre la demanda de cartografía MAGNA a escala 1:50.000 de marzo de 1997, elaborado por la Dirección de Geología y Geofísica del IGME, se estimaba la demanda media para todos los usos y para todo el conjunto de hojas MAGNA disponibles incluyendo la demanda interna, la de los funcionarios y la de otras instituciones oficiales, además de la demanda para bibliotecas, individuos y empresas. Los resultados de ventas medios por hoja de 40 ejemplares por año que se obtenían, son 4'5 veces las ventas a empresas de 8'88 ejemplares considerados; por lo que valoramos la hipótesis de ventas totales retenida como razonablemente conservadora.

Utilizando por tanto el valor de 165.576 unidades obtenido en la Tabla 3 como la estimación total de ventas de hojas MAGNA para el período 1972 a 2003, juntamente con los valores de la tabla 1, obtendríamos las siguientes estimaciones para el valor económico global del Plan MAGNA:

- El valor agregado mínimo estimado del Plan MAGNA sería 165.576 hojas X 7.579 € = 1.254'90 millones de € de 2003.
- El valor agregado máximo estimado del Plan MAGNA sería 165.576 X 20.170 € = 3.339'67 millones de € de 2003.
- La disposición agregada de pago estimada del Plan MAGNA sería 165.576 hojas X 1.549 € = 256'48 millones de € de 2003.

Partiendo de la contabilización ya anteriormente referida, de que la inversión necesaria equivalente para la realización de la totalidad del Plan MAGNA fue de 121'27 millones de euros de 2003, los resultados acumulados anteriores de estimación del valor total en términos económicos del Plan MAGNA a lo largo de estos 32 años, indican un mínimo de 10'35 veces la totalidad de la inversión necesaria para su realización. El valor acumulado máximo estimado del Plan MAGNA representaría asimismo 27'54 veces los costes necesarios para su desarrollo. Pudiendo por tanto resumirse que la estimación mínima del valor añadido generado por el Plan MAGNA es de 1.133'63 millones de euros de 2003.

Como se ha comentado, una manera de confirmar la adecuación de las valoraciones obtenidas anteriormente, es mediante la estimación del valor agregado del Plan MAGNA basada en las inversiones geológicas sustitutivas necesarias para el caso de no existencia de hojas MAGNA (Tabla 1). Dicho cálculo nos refleja el siguiente resultado para el Plan MAGNA:

- Valor agregado medio estimado del Plan MAGNA: 165.576 hojas vendidas (Tabla 3) X 13.443 € = 2.225,84 millones de € de 2003.

Utilizando el anterior valor obtendríamos una cifra para el valor económico del Plan MAGNA de 18'35 veces superior las inversiones realizadas, lo cual viene a confirmar y reforzar la validez de las anteriores estimaciones, realizadas a partir de datos diferentes.

Otra fórmula de análisis de las distintas estimaciones de valor obtenidas, es considerar el precio medio de recuperación de las inversiones requeridas para la realización del Plan MAGNA, en términos del número de ocasiones en que una hoja MAGNA debe ser adquirida por un usuario empresarial. El coste ya citado de realizar las 924 hojas MAGNA disponibles ha sido de 121'27 millones de euros de 2003, equivalente por tanto a 131.245 € por hoja. Para la estimación media mínima del valor de una hoja MAGNA de 7.579 €, el punto neutro medio del proyecto cartográfico ocurriría cuando cada una de las hojas MAGNA fuese utilizada para proyectos empresariales en 17'32 ocasiones. Si por el contrario se tomase la estimación media máxima del valor de una hoja MAGNA, 20.170 €, el número de utilizations medio necesario para la recuperación de la inversión se reduciría a 6'51 veces para cada una de las distintas hojas (véase Tabla 4).

Asimismo el valor estimado de la disposición de pago de los distintos usuarios, 256'48 millones de euros, representaría 2'11 veces el coste total de la elaboración del programa de cartografía geológica. Estos resultados son, a pesar de lo conservador de las cifras de ventas consideradas, sorprendentemente positivos al tratarse de un bien público. Por lo tanto, considerando los distintos beneficios intangibles adicionales anteriormente reflejados y que el 39% de las adquisiciones de hojas MAGNA son realizadas por bibliotecas e individuos, cuyo valor eco-

Año	Hojas disponibles	Ventas a empresas	
		Anuales	Acumuladas
1972	1	9	9
1973	29	258	266
1974	71	630	897
1975	130	1.154	2.051
1976	164	1.456	3.508
1977	205	1.820	5.328
1978	269	2.389	7.717
1979	302	2.682	10.398
1980	336	2.984	13.382
1981	427	3.792	17.174
1982	504	4.476	21.649
1983	545	4.840	26.489
1984	572	5.079	31.568
1985	588	5.221	36.790
1986	601	5.337	42.127
1987	629	5.586	47.712
1988	661	5.870	53.582
1989	681	6.047	59.629
1990	720	6.394	66.023
1991	767	6.811	72.834
1992	797	7.077	79.911
1993	797	7.077	86.988
1994	825	7.326	94.314
1995	837	7.433	101.747
1996	843	7.486	109.233
1997	867	7.699	116.932
1998	887	7.877	124.808
1999	901	8.001	132.809
2000	921	8.178	140.988
2001	921	8.178	149.166
2002	924	8.205	157.371
2003	924	8.205	165.576

Tabla 3. Estimación de la evolución temporal de las ventas de hojas MAGNA

Table 3. Calculation of the evolution of the sales of magna sheets

nómico no ha sido contabilizado, se puede concluir que el programa de cartografía geológica conocido como Plan MAGNA, ha sido una excelente inversión del sector público para la sociedad española en su conjunto. Además debe considerarse que los beneficios obtenidos continuarán incrementándose en el futuro, si bien a un ritmo decreciente por la lógica obsolescencia de las hojas que irá disminuyendo su aplicabilidad.

	Por hoja (€)	Total (€ mm)	Valor añadido (€ mm)	Múltiplo inversión	Punto muerto (Nº hojas)
Valor máximo	20.170	3.339'67	3.218'40	27'54	6'51
Valor mínimo	7.579	1.254'90	1.133'63	10'35	17'32
Disposición de pago	1.549	256'48	135'21	2'11	84'73
Inversión geológica sustitutiva	13.443	2.224'84	2.104'57	18'35	9'76

Tabla 4. Resumen del valor económico del plan MAGNA

Table 4. Summary of the economic value of the MAGNA plan

## Conclusiones

Este estudio ha podido realizarse una vez concluido en 2002 el Plan MAGNA de cartografía geológica de España a escala 1:50.000, basándose en las experiencias sobre la utilización de las hojas MAGNA desde su inicio. Pensamos que el tiempo transcurrido, más de tres décadas, puede ser considerado como suficiente para poder evaluar la utilización sectorial de las hojas MAGNA, las razones de su utilización y el valor económico que les pueden otorgar sus distintos usuarios.

Un total de aproximadamente 1.200 usuarios actuales o potenciales de mapas geológicos fueron encuestados. El ratio de respuestas obtenido, aproximadamente un 26% (311 cuestionarios recibidos), consideramos aporta una muestra suficientemente representativa de los usuarios de las hojas MAGNA. Entre los distintos expertos encuestados se encuentran principalmente técnicos activos en los sectores de ingeniería, universidades y minería e hidrocarburos además en la Administración Pública, el medio ambiente, la construcción y la agricultura. Aunque no sería fácil la identificación de la totalidad de los usuarios de las hojas MAGNA, consideramos que dada la gran diversidad de fuentes utilizadas para elaborar las listas de contactos, una alta porción de dicha población ha tenido la oportunidad de participar en la encuesta.

Se solicitó de los distintos usuarios encuestados la cumplimentación de un cuestionario diseñado al objeto de obtener informaciones y datos sobre la utilización de las hojas MAGNA, posibles informaciones adicionales de interés a incluir en futuros programas y una evaluación subjetiva de su valor económico.

Gracias al análisis de las respuestas recibidas, el mayor conocimiento del espectro de usuarios de las hojas MAGNA y de sus demandas concretas permitirá afianzar las decisiones ya tomadas sobre innovaciones y futuras actuaciones cartográficas, como por ejemplo avanzar en la cobertura del territorio con cartografía geomorfológica, mejorar el tratamiento de la información sobre Patrimonio Geológico, indicios minerales y puntos de agua, mantener los formatos papel y digital, este último con ciertas funcionalidades de análisis y con toda la información complementaria de las hojas, mejorar el tratamiento de la geología del subsuelo y, por último, avanzar en la continuidad cartográfica y en la mejora de las bases topográficas.

Pero también las respuestas recibidas, dando la preferencia a la escala 1:25.000 y demandando cartografías de suelos, pueden replantear algunas decisiones tomadas. Ciertamente con los recursos hoy dis-

ponibles es difícil concebir actuaciones generalizadas a escala 1:25.000 así como el inicio de la producción de mapas de suelos, pero en esa línea se dirige la demanda.

En cuanto a la evaluación económica los beneficios del Plan MAGNA, entendidos como el ahorro que la utilización de las hojas ha generado en los usuarios, se han evaluado en 1.255 millones de euros, como valor mínimo, y 3.340 millones de euros, como valor máximo, lo que permite afirmar que el ratio beneficio/coste del Plan MAGNA se encuentra en una horquilla comprendida entre 10'35 y 27'54. Es cierto que el cálculo está sometido a las incertidumbres propias del resultado de la encuesta y de la estimación del número de ejemplares de mapas vendidos a empresas. También es cierto que se ha simplificado la evaluación asumiendo que la valoración de las hojas realizadas por los usuarios en 2003 es extrapolable al resto de ejercicios. A pesar de todo el resultado es sin duda conservador ya que, como se explicó anteriormente, en dos aspectos importantes se han adoptado decisiones "a la baja": la estimación del número de hojas vendidas y la asunción de que cada ejemplar adquirido por las empresas se utiliza en un solo proyecto.

Si comparamos estos valores con los valores obtenidos en otros países para sus programas de cartografía, puede concluirse que salvo en el estudio del estado de Kentucky, el ratio beneficio/coste obtenido en España es mayor. Sin duda puede explicarse porque, de acuerdo con lo expuesto en el epígrafe de antecedentes, los estudios realizados en otros países contemplaban tan sólo una o dos aplicaciones concretas de la cartografía geológica y no la totalidad de sus múltiples usos.

Sin embargo, si comparamos el ratio beneficio/coste del MAGNA con el del programa de cartografía geológica del Estado de Kentucky, éste es sensiblemente mayor (el centro de la horquilla estaría en torno a 32 frente a 19 del MAGNA). Este hecho puede tener dos explicaciones: la primera que la cartografía de Kentucky se elabora a escala 1:24.000, por lo que de acuerdo con las contestaciones a la pregunta 5 del cuestionario sería de mayor utilidad que el MAGNA a escala 1:50.000 y, por tanto, produciría mayores ahorros. Otra explicación puede consistir en el menor grado de ocupación del territorio en Kentucky, que la convierte en una región menos conocida y en cierta medida más virgen que el territorio español, por lo que una cartografía geológica de detalle puede resultar de mayor utilidad para solventar las lagunas de conocimiento y para localizar nuevos recursos naturales.

En cualquier caso puede concluirse que el Plan

MAGNA, con un ratio beneficio/coste del 19 ha resultado ser una excelente inversión pública superando con creces las expectativas contempladas en los informes de evaluación económica del PNIM que estimaban ratios considerablemente menores.

## Agradecimientos

Los autores agradecen las acertadas sugerencias formuladas por los revisores de este trabajo, que sin duda han contribuido a mejorarlo, y en especial a D. Xavier Berástegui, del Institut Cartogràfic de Catalunya y D. José Antonio Espí, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

## Referencias

- Barrera, J.L. 2000. Demanda científica, técnica y social de la Cartografía Geológica del ITGE y evolución futura. *Boletín Geológico y Minero*, número especial 2000, 85-94.
- Berástegui, X. y Puig, C. 2000. Evaluación crítica de las hojas MAGNA de Cataluña publicadas (1972-1999). Perspectivas de futuro. *Boletín Geológico y Minero*, número especial 2000, 73-84.
- Bernknopf, R.L., Brookshire, D.S., McKee, M.J. y Soller, D.R. 1997. Estimating the Social Value of Geologic Map Informations: A Regulatory Application. *Journal of Environmental Economics and Management*, 32, article n° EE960963, 204-218.
- Bernknopf, R.L., Brookshire, D.S., Soller, D.R., McKee, M.J., Sutter, J.F., Matti, J.C. y Campbell, R.M. 1993. *Societal Value of Geologic Maps*. U.S. Geological Survey Circular 1111, 53 pp.
- Bernknopf, R.L., Campbell, R.M., Brookshire, D.S. y Shapiro, C.D. 1998. A Probabilistic Approach to Landslide Hazard Mapping in Cincinnati, Ohio, with Applications for Economic Evaluation. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, XXV (1). 39-56.
- Bernknopf, R.L., Forney, W., Lucas, S., St-Onge, M., Dinitz, L., Halsing, D. y Einaudi, M. 2001. *The Value of Government Geologic Maps to the Mineral Exploration Industry—Two Case Studies Based on Multidisciplinary Geoscience Mapping Projects*. U.S. Geological Survey; Strategic Planning and Coordination Branch Natural Resources Canada; Geological Survey of Canada; Dept. of Earth and Environmental Sciences, Stanford University, Borrador final, 59 pp.
- Bhagwat, S.B. y Berg, R.C. 1991. *Benefits and Costs of Geological Mapping Programs in Illinois: Case Study of Boone and Winnebago Counties and its State wide Applicability*. Illinois State Geological Survey, Circular 549, 40 pp.
- Bhagwat, S.B. e Ipe, V.C. 2000. *Economic Benefits of Detailed Geologic Mapping to Kentucky*. Illinois State Geological Survey, Special Report 3, 39 pp.
- Ecominsa. 1983. *Estudio de la rentabilidad y valoración de la cartografía básica infraestructural realizada por el IGME*. Informe IGME, 94 pp.
- Ellison, R.A. and Calow, R. 1996. *The economic evaluation of BGS geological Mapping in the U.K.* British Geological Survey unpublished report, 28 pp.
- García-Cortés, A. 2000. La Cartografía geológica del IGME: líneas de actuación futura. *Boletín Geológico y Minero*, número especial 2000, 94-95.
- Goy, L.L. 2000. Evaluación crítica de la cartografía geológica del ITGE: finalidad y evolución. *Boletín Geológico y Minero*, número especial 2000, 59-64.
- Ministerio de Industria. 1971. *Plan Nacional de la Minería*. Edición Resumida Tomo I.
- Portero, J.M. 2000. Evaluación crítica de la cartografía geológica del ITGE: la cartografía MAGNA en terrenos sedimentarios. *Boletín Geológico y Minero*. Número especial 2000. 65-72 pp.
- Rodríguez Fernández, L.R. 2000. Los mapas geológicos producidos por el ITGE: evolución, actualidad y futuro. *Boletín Geológico y Minero*, número Especial 2000, 15-36.
- Scott, M. 1999. *Valuing Australian State Geological Surveys: Quantitative Analysis for Strategic Planning*. Tesis Doctoral, WH Bryan Mining Geology Research Center, University of Queensland, 452 pp.
- Watson, W., Shapiro, C. and Bernknopf, R.L. 1984. Costs of geologic information in the exploration for minerals: a case study of porphyry copper. *Journal of Resource Management and Technology*, 13 (2), 97-110.

Recibido: mayo 2005.

Aceptado: noviembre 2005.