

SIG EN LA EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA: BENEFICIOS Y LIMITACIONES DE LA INFORMACIÓN ESPACIAL

González del Campo, A.¹; Gilmer, A.²;
Foley, R.³; Sweeney, J.⁴, y Fry, J.⁵;

¹ Department of Environment & Planning - Dublin Institute of Technology
Bolton Street - Dublin 1 (Irlanda)

Tel.: 0034 620820647 (España) / 00353 876624879 (Irlanda)

² Department of Environment & Planning - Dublin Institute of Technology
Bolton Street - Dublin 1 (Irlanda)

^{3,4} National Centre for Geo-computation - Department of Geography
NUI Maynooth - Maynooth, Co. - Kildare (Irlanda)

⁵ School of Biology and Environmental Science
UCD Dublin, Belfield - Dublin 4 (Irlanda)

Resumen

Los planes y programas de planificación –tanto a nivel urbano como a nivel de gestión de recursos– tienen una importante dimensión espacial. Estos planes y programas se encuentran, en su mayoría, sometidos a una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). En este contexto, la información espacial y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) tienen el potencial de asistir de manera significativa a las diversas etapas de la EAE.

Esta comunicación presenta los resultados de una serie de casos prácticos de EAE en la planificación territorial llevados a cabo en Irlanda. La metodología aplica de manera sistemática herramientas SIG adaptadas a las necesidades de cada fase de la EAE, desde la evaluación ambiental hasta la participación pública. Los resultados demuestran una serie de ventajas derivadas del análisis espacial y la representación geográfica de los factores relevantes. Del mismo modo se observan una serie de dificultades que limitan la efectiva aplicación de los SIG. Dichas observaciones son analizadas con el objetivo de determinar la contribución de la informa-

ción espacial a los procesos de evaluación ambiental, así como a la transparencia de la toma de decisiones.

Palabras clave: SIG, Evaluación Ambiental Estratégica; Metodología; Irlanda.

Abstract

Plans and programmes –at both urban planning and environmental resource management level– have an important spatial dimension. The majority of such plans and programmes are subject to Strategic Environmental Assessment (SEA). In this context, spatial information and Geographic Information System (GIS) can potentially contribute to the various SEA stages.

This paper presents the results of a number of real SEAs of development plans undertaken in Ireland. The methodology applied avails from GIS tools, which are adapted to suit the requirements of each SEA phase. The results demonstrate a number of benefits derived from the spatial analysis and the geographic illustration of relevant factors. Similarly, a number of difficulties are observed to hamper the effective application of GIS. These aspects are evaluated with the aim to determine the contribution of spatial information to environmental assessment processes and decision-making.

Key words: GIS, Strategic Environmental Assessment; Methodology; Ireland.

Introducción

La EAE de planes de ordenación territorial comúnmente implica un análisis espacial de la ubicación y extensión de los recursos naturales, junto al análisis de su importancia, calidad y vulnerabilidad. Los planes de ordenación territorial, con un contexto espacial intrínseco, están sometidos a EAE de acuerdo a lo establecido en la Directiva 42/2001/CE (1). Mientras que los métodos de evaluación ambiental tradicionales, tales como matrices y diagramas de flujo, carecen de dimensiones espacio-temporales, los SIG permiten un análisis geográficamente específico facilitando la comparación de los posibles efectos ambientales asociados a cada alternativa de desarrollo, así como la determinación de la variabilidad espacial y/o temporal entre los impactos identificados (2). De este modo, los SIG tienen el potencial de promover una evaluación y planificación ambiental más objetiva (3) debido a que las decisiones se basan en hechos espacialmente concretos y resultados de cómputo (4). Los SIG pueden contribuir a la práctica de EAE facilitando la interpretación y el entendimiento de los aspectos espaciales, mejorando la divulgación de la información, permitiendo un análisis transparente y replicable, y confiriendo temporalidad, necesaria en las fases de seguimiento. Las ventajas asociadas a la aplicación de los SIG en la evaluación ambiental –tanto a nivel de proyectos como de planes y programas– han sido extensamente documentadas (ej., 5, 3, 6 y 7).

El carácter espacial de la información ambiental, el incremento en la disponibilidad, accesibilidad y uso de dicha información como resultado de la anticipada Directiva INSPIRE¹ (8), así como la expansión de la tecnología SIG y su potencial analítico, representan la oportunidad para promover aplicaciones SIG en la EAE. Cabe señalar un notable incremento en el uso de los SIG en los procesos de EAE en Irlanda. La Agencia de Protección Ambiental (EPA), una de los organismos ambientales oficiales, ha lanzado recientemente una herramienta basada en SIG para asistir las fases de scoping. En este contexto se ha impulsando el uso de los SIG en una serie de EAEs de planificación territorial en Irlanda. La presente comunicación presenta los resultados preliminares derivados de dicha aplicación.

Metodología y contexto

La metodología definida promueve la aplicación de los SIG en cada una de las fases que componen el proceso de la EAE con el objetivo de analizar los beneficios derivados de su aplicación, así como las limitaciones y barreras que puedan afectar el uso efectivo de los mismos. La metodología ha sido aplicada en casos reales, permitiendo así una evaluación práctica de la aplicabilidad de los SIG. El método tiene un enfoque proactivo y adaptado (las herramientas SIG estándares son adaptadas a los requisitos y propósitos de cada fase de la EAE); promueve la transparencia del proceso (divulgando de manera continua y lógica la información); se centra en la representación espacial de los aspectos clave (promoviendo el entendimiento mediante la representación cartográfica de los aspectos ambientales junto a las alternativas de desarrollo); permite un análisis sistemático, simple y coherente (a través de un proceso iterativo que minimiza la complejidad asociada al uso de los SIG), y provee una herramienta alternativa para la participación pública y la integración de percepciones sociales.

Los pasos metodológicos han sido incorporados en aquellas fases de la EAE en las que la información espacial y los SIG tienen el potencial de contribuir al proceso (tabla 1).

La labor de los SIG cambia y se ajusta durante la EAE: acomodando la preparación de planos y los análisis espaciales; desplegando elementos de ilustración gráfica y recogida de información. Los estudios de caso incluyen los planes territoriales provinciales de Mayo y Kilkenny, y los planes urbanos de Kilkenny y Blessington. Los resultados permiten establecer una serie de conclusiones preliminares en cuanto a las oportunidades y barreras de los SIG, en el marco de buenas prácticas de EAE en el sistema de planificación irlandés.

¹ INfrastructure for SPatial InfoRmation in the European Community.

TABLA 1
Aplicaciones SIG durante las fases de EAE

Fase de EAE	Aplicación SIG	Objetivo
Screening	Preparación de Planos	Representar los aspectos ambientales para facilitar el entendimiento de los problemas clave y su distribución e interacción espacial.
Scoping	Preparación de Planos	Representar los aspectos ambientales para evaluar su contexto espacial, distribución y relevancia y así determinar el nivel de detalle requerido para el análisis posterior de cada factor.
Diagnóstico Ambiental	Preparación de Planos Análisis Espacial	Representar los aspectos ambientales para entender su contexto y distribución espacial. Análisis de datos (ej. índices de superposición, reclasificación, cálculos raster, etc.) para evaluar el grado de solapamiento y la interacción entre los recursos ambientales vulnerables. Los resultados son presentados en una serie de planos indicando grados de vulnerabilidad ambiental.
Objetivos Estratégicos	-----	Asistir en la definición de objetivos ambientales a través de los planos SIG previamente preparados.
Alternativas	Preparación de Planos	Representar de manera espacial las alternativas consideradas mediante la identificación de varios escenarios de usos del suelo; promover el debate y facilitar la subsiguiente evaluación de alternativas.
Consulta y Participación Pública	Página web basada en SIG	Asistir las fases de consulta (promover la distribución y recogida de la información) durante la EAE mediante la provisión de una herramienta alternativa y complementaria vía Internet.
Evaluación de Alternativas	Análisis Espacial	Evaluar las posibles incompatibilidades de usos del suelo (desarrollo socio-económico versus protección ambiental) mediante el análisis de solapamientos que refleje la relativa importancia de cada parámetro.
Medidas Correctoras	Preparación de Planos	Definir medidas correctoras, protectoras o compensatorias de manera espacialmente específica para identificar la ubicación de las mismas y de este modo asistir los procesos de seguimiento y control.
Seguimiento	Preparación de Planos Análisis Espacial	Asistir los procesos de seguimiento mediante la replicación de los pasos previamente establecidos: preparación de planos y evaluación de los datos recogidos (actualización de la información) para su posterior comparación con la información existente.
Toma de Decisiones	-----	Presentar los resultados SIG (planos y gráficos) a las partes interesadas para su revisión y debate.
Informe Ambiental	-----	Incorporación de los resultados SIG en el Informe Ambiental final para mejorar la divulgación y presentación de la información.

Resultados: Aplicabilidad de los SIG en la EAE

Los estudios de caso a los que se ha contribuido a través del presente estudio presentan variaciones en la aplicabilidad de los SIG. Es aparente que la representación y evaluación de los factores clave en formato espacial favorece las fases iniciales de la EAE. Sin embargo, su aplicabilidad es limitada en las fases de consulta pública, así como en la definición de medidas correctoras y de seguimiento. Los resultados revelan una serie de beneficios y limitaciones asociadas a la aplicación de los SIG en cada fase de la EAE (tabla 2).

Screening

En aquellos casos en los que la necesidad de llevar a cabo una EAE queda definida por los criterios establecidos en la legislación, los SIG carecen de uso debido a la falta de herramientas que filtren preceptos de forma auto-

mática. Sin embargo, en aquellos casos en los que la necesidad de una EAE se define mediante el análisis preliminar de las implicaciones ambientales, la información espacial contribuye de manera importante a la identificación de posibles vulnerabilidades. Tres de las EAEs se encontraban oficialmente sometidos a una EAE; un único plan territorial empleó los SIG durante la fase de screening.

Scoping

La representación geográfica de los aspectos ambientales –su ubicación, estado y extensión– facilita un mejor entendimiento de las posibles interacciones e implicaciones espaciales de los planes territoriales/urbanos, ayudando a determinar aquellos elementos claves que requieren mayor atención. La mitad de las EAEs hicieron uso de los SIG durante esta fase.

Los requisitos de esta fase junto con las observaciones derivadas de los estudios de caso ratifican la utilidad de los SIG al proveer herramientas para la ilustración y el análisis espacial de la información. La interpretación geográfica de los elementos contribuye a una rápida identificación de los aspectos ambientales clave. Sin embargo, la temprana incorporación de la información ambiental requerida y el poco tiempo dedicado a esta fase del proceso limitan la efectividad de las aplicaciones SIG. Los requisitos asociados a licencias para la gestión de la información, así como la falta de un repositorio de información espacial afectan la disponibilidad y accesibilidad de los datos.

Diagnóstico ambiental

Los estudios de caso establecen que la representación de datos a través de planos cartográficos permite comunicar la información de una manera clara y concisa, y promueve el debate entre urbanistas y partes interesadas. Asimismo se observa que la incorporación de la información ambiental en SIG facilita significativamente los consiguientes pasos de la EAE.

Las herramientas SIG beneficiaron a la totalidad de las EAE llevadas a cabo durante el diagnóstico ambiental. Sin embargo, y en consonancia con las dificultades identificadas durante la fase de scoping, la disponibilidad, accesibilidad, calidad y omisiones en la información condicionan el uso efectivo de la información espacial. Las cuestiones de copyright fueron superadas a través de acuerdos y licencias oportunas. Algunas de las capas temáticas solicitadas fueron inmediatamente provistas, mientras que otras no se encontraban disponibles en la organización, requiriendo esfuerzos adicionales para identificar y recopilar las mismas. Una parte importante de la información provista presentó inexactitudes de ubicación, ambigüedades y/o lagunas. Todo ello afectó la rapidez de integración de los datos en el sistema, obstaculizando las actividades de preparación de planos y análisis.

Consulta pública

En los estudios de caso se incorporó una herramienta de Internet basada en SIG y diseñada para permitir un modo remoto, alternativo y complementario a los procesos participativos tradicionales, y fomentar la legitimidad y transparencia del proceso (9). La herramienta permite visualizar la información ambiental empleada en la evaluación, validar los criterios ambientales y recoger percepciones públicas sobre las alternativas de desarrollo propuestas. A pesar de la aceptación de la herramienta por parte del equipo de planificación, los prerequisites legales para la consulta pública limitaron su eficacia. En adición, una serie de factores contribuyeron a obstaculizar la disponibilidad de la herramienta, incluyendo: deficiencias en las provisiones de tiempo y métodos para una efectiva participación; impedimentos a la publicación de información en la web (confidencialidad de los datos y licencias), y reservas en cuanto a la utilidad de la herramienta.

Alternativas consideradas y evaluación

Todos los estudios de caso emplearon la tecnología SIG para ilustrar alternativas de desarrollo, acomodando las necesidades socio-económicas con las condiciones ambientales intrínsecas de la zona. No se percibieron dificultades durante esta fase. Todas las alternativas fueron definidas por las partes involucradas mediante ejercicios participativos de zonificación sobre planos en formato papel y posteriormente regenerados en SIG. La representación gráfica de los posibles escenarios promovió el debate y facilitó su ulterior evaluación.

La incorporación de las alternativas propuestas junto a la información ambiental en SIG contribuye a un análisis espacial efectivo, mejorando el conocimiento sobre los posibles conflictos y oportunidades de cada escenario. En todos los casos, el análisis, la predicción y la presentación de los posibles impactos se llevó a cabo empleando métodos SIG, tales como índices de superposición, reclasificaciones e interpolaciones. La mitad de las EAEs emplearon herramientas avanzadas de análisis espacial, incorporando criterios de valoración (derivados tanto de la participación pública como de la opinión científica); una de las mismas aplicó simples métodos visuales de solapamiento. Los planos generados permitieron una comparación rápida y visual de los impactos ambientales, individuales y acumulativos, previstos para cada alternativa. De este modo, los SIG contribuyen a analizar de manera sistemática, transparente y espacialmente específica los factores ambientales clave que puedan verse afectados durante la implementación del plan.

Las dificultades asociadas a esta fase están relacionadas a demoras en la provisión de la información requerida y recortes en el tiempo dedicado a la preparación del Informe Ambiental. Por otra parte, la aplicación práctica de los SIG no es siempre viable debido a la naturaleza no-espacial de algunos de los objetivos y políticas de los planes de desarrollo.

Informe ambiental y toma de decisiones

Durante la totalidad de los estudios de caso se consideró que la información espacial y los SIG mejoran la práctica de EAE a través del análisis espacial y la representación gráfica de los resultados de la evaluación ambiental. Los planos ayudan a desarrollar un mejor conocimiento de los problemas clave, promueven el debate, mejoran la transparencia del proceso y optimizan la calidad del Informe Ambiental. Sin embargo, las opiniones y percepciones de los expertos no son siempre mapables y la complejidad tanto de los problemas ambientales como de los de planificación no puede fundamentarse únicamente en actividades cartográficas. En este contexto, la tecnología SIG se considera una herramienta interactiva que complementa los procesos de EAE y ordenación territorial.

Discusión

Los SIG tienen la capacidad de recoger y presentar múltiples series de datos, llevar a cabo análisis espaciales complejos (para el análisis ambiental de las alternativas consideradas y la predicción de impactos) y permiten una actualización sistemática de la información (facilitando los procesos de seguimiento). La representación gráfica de los aspectos ambientales clave junto con la distribución y ubicación del uso del suelo propuesto permite demostrar de manera clara y objetiva los retos para la protección ambiental a los que se enfrentan el plan. Se observa que el análisis de la información a través de los SIG produce un efecto sinérgico, promoviendo la colaboración y mejorando tanto la calidad como la precisión de los resultados (10 y 11). Sin embargo, se debe tener en cuenta que cada conjunto de datos SIG incorpora una serie de consideraciones (12 y 13) y que la resolución de problemas ambientales complejos al nivel de toma de decisiones de la EAE va más allá de la aplicación de un método sistemático.

Las barreras más importantes a la hora de incorporar los SIG como una herramienta que asista los procesos de EAE se enmarcan dentro de la necesidad de conocimientos y disponibilidad de datos espaciales (14 y 15). En aquellos casos en los que la información está disponible en formato SIG, perduran los problemas de calidad, coherencia y lagunas de información, los cuales afectan tanto a la efectividad de la aplicación de la tecnología como a la calidad de los resultados. Más aún, los indicadores rara vez son incorporados en los SIG, lo cual impide establecer el estado de los recursos naturales, obstaculizando a su vez la valoración de la magnitud y complejidad de los impactos potenciales.

A pesar de que las conclusiones derivadas de un cuestionario internacional indican que las herramientas SIG basadas en Internet pueden facilitar los procesos participativos (16), los estudios de caso muestran un limitado alcance de los SIG durante los procesos de consulta. Las percepciones sobre la utilidad de esta herramienta varían entre las EAE llevadas a cabo; en acuerdo con la opinión internacional (y lo observado por 17), la complejidad y dificultades de acceso a la tecnolo-

gía, los problemas asociados a la divulgación de datos y los prerequisites legales restringen el uso de los SIG durante la participación pública.

La mayoría de los análisis ambientales SIG se basan en la preparación de planos y simples operaciones de solapamiento (15 y 16) para poder, consecuentemente, examinar los puntos de yuxtaposición de los recursos y áreas vulnerables. Este enfoque general no toma en consideración la relativa importancia de los diferentes factores ambientales. La introducción de criterios de valoración en las EAE realizadas incorpora una nueva dimensión en la evaluación. Asimismo, y a pesar del uso restringido de los SIG durante las fases de consulta, se percibe que el carácter participatorio de los mismos mejora el entendimiento y la apreciación de las implicaciones espaciales de un problema de decisión.

Conclusión

En los inicios de la evaluación ambiental estratégica, se anticipó una creciente dependencia en métodos de evaluación basados en SIG (18 y 19). Hoy en día, la tecnología se aplica comúnmente en el campo medioambiental (16) como resultado de la expansión de la tecnología y la estimación de que el 85% de los datos contienen un componente espacial (20).

La aplicación de los SIG en los procesos de EAE en Irlanda indican que la información espacial mejora la práctica de EAE al transmitir la información de forma más efectiva y permitir un método de evaluación sistemático. La efectividad de la EAE asociada a planes y programas de ordenación territorial se adhiere a los SIG como herramienta de apoyo a la toma de decisiones. No obstante, para obtener una eficiente y válida aplicación de los SIG se han de afrontar los problemas de accesibilidad, disponibilidad y calidad de los datos. Mientras que la inminente iniciativa Europea INSPIRE (8) aborda algunos de estos aspectos, se requieren esfuerzos adicionales por parte de las instituciones (tales como la creación de una Infraestructura de Datos Espaciales) que aseguren una adecuada recogida, gestión e intercambio de la información. Del mismo modo queda pendiente estimar el valor real de los SIG en la toma de decisiones y establecer en qué medida afectan/modifican la decisión final.

Bibliografía

- (1) CEC (2001): "Directive 2001/42/EC on the Assessment of the Effects of Certain Plans and Programmes on the Environment; Luxemburg, 27 June 2001", *Official Journal of the European Union*, L 197/30, 21-7-2001.
- (2) Patil, A. A.; Annachhatre, A. P., and Tripathi, N. K. (2002): "Comparison of Conventional and Geo-spatial EIA: a Shrimp Farming Case Study", *Environmental Impact Assessment Review*, 22: 361-75.
- (3) Antunes, P.; Santos, R., and Jordao, L. (2001): "The Application of Geographical Information Systems to Determine Environmental Impact Significance", *Environmental Impact Assessment Review*, 21(6): 511-535.

- (4) Chrisman, N. (1999): *Exploring Geographic Information Systems*, John Wiley & Sons, Inc.
- (5) Joao, E. (1998): *Use of Geographic Information Systems in Impact Assessment*. In Porter, A., and Fittipaldi, J. (eds.): *Environmental Methods Review: Retooling Impact Assessment for the New Century*, 154-163. Atlanta: The Army Environmental Policy Institute.
- (6) Agrawal, M. L., and Dikshit, A. K. (2002): "Significance of Spatial Data and GIS for Environmental Impact Assessment of highway Projects", *Indian Cartographer*, 4: 262-266.
- (7) Brunner, N., and Starkl, M. (2004): "Decision Aid Systems for Evaluating Sustainability: A critical Survey", *Environmental Impact Assessment Review*, 24(4): 441-469.
- (8) CEC (2005): "Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing an Infrastructure for Spatial Information in the Community (INSPIRE); Political Agreement. Council of the European Union, Brussels, 7 June 2005", *Official Journal of the European Union*, P6_TC1-COD(2004)0175.
- (9) González, A.; Gilmer, A.; Foley, R.; Sweeney, J., and Fry, J. (2007): *Developing and Applying a User-friendly Web-based GIS for Participative Environmental Assessment*. Unpublished paper. Presented at the Geographic Information Science Research UK Conference 11-13th May 2007, Maynooth, Ireland.
- (10) Andrienko, G.; Andrienko, N., and Gitis, V. (2003): "Interactive Maps for Visual Exploration of Grid and Vector Data", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 57 (5-6): 380-389.
- (11) Bettes, L. (2005): *Successfully Integrate Environmental and Transportation Planning*. Available online: <http://www.geoplance.com/uploads/OnlineExclusives/quantm.asp> (Last accessed 16th January 2006).
- (12) Von Seht, H. (1999): "Requirements of a Comprehensive Strategic Environmental Assessment System", *Landscape and Urban Planning*, 45: 1-14.
- (13) Duncan, S. L. (2006): "Mapping Whose Reality? Geographic Information Systems and «Wild Science»", *Public Understanding of Science*, 15: 411-434.
- (14) Joao, E., and Fonseca, A. (1996): *Current use of Geographical Information Systems for Environmental Assessment: a discussion document*. Research Papers in Environmental and Spatial Analysis 36, May 1996. Department of Geography, London School of Economics.
- (15) Vanderhaegen, M. and Muro, E. (2005): "Contribution of a European Spatial Data Infrastructure to the Effectiveness of EIA", *Environmental Assessment Review*, 25: 123-142.
- (16) González, A.; Gilmer, A.; Foley, R.; Sweeney, J., and Fry, J. (2006): *Technology and Public Participation Methods*. Unpublished paper. Presented at the International Association for Impact Assessment, Stavanger, Norway, 24-29th May 2006.
- (17) Kingston, R.; Carver, S.; Evans, A., and Turton, I. (2000): "Web-based Public Participation Geographical Information Systems: An Aid to Local Environmental Decision-Making", *Computers, Environment and Urban Systems*, 24 (2): 109-125.
- (18) Morris, P., and Therivel, R. (1995): *Methods of Environmental Impact Assessment*, London: UCL Press.
- (19) Sadler, B., and R. Verheem (1996): *Strategic Environmental Assessment: Status, Challenges and Future Directions*. Publication no. 53. The Hague: Netherlands. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment.
- (20) Chan, Y., and Easa, S. (2000): *Looking Ahead*. In Easa, S., and Chan, Y. (eds.): *Urban Planning and Development Applications of GIS*, Reston, Virginia: American Society of Civil Engineers.