

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE: APLICACIÓN EN EL CIEMAT.

Javier Domínguez (jbravo@ciemat.es)

Carmen Lago (lago@ciemat.es)

Isaura Rábago (isaura@ciemat.es)

Eugenio Sánchez (eugenio@ciemat.es)

CIEMAT. Av. Complutense, 22. 28040 Madrid.

RESUMEN

El objetivo de esta comunicación es difundir los trabajos de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) del Ministerio de Industria y Energía.

En estos últimos años el CIEMAT ha comenzado a aplicar los SIG en varias de sus áreas de trabajo, y más concretamente en proyectos de integración regional de las Energías Renovables, evaluación de emplazamientos de sistemas de producción de electricidad con energía solar o con biomasa a escala nacional, inventarios y control de emisiones atmosféricas, tratamiento de información para el análisis de la contaminación de suelos...

Consideramos una labor importante de los Centros de Investigación la difusión de sus trabajos; esta labor la venimos realizando con la impartición de charlas en diferentes ámbitos académicos. Con la presentación en este Coloquio queremos avanzar en la línea ya abierta en la última reunión del Grupo de Métodos Cuantitativos en Vitoria (1996), realizando en esta ocasión una exposición más global de los proyectos abordados y de las perspectivas futuras, esta visión nos gustaría complementarla con la presentación en la sesión de posters de los resultados cartográficos de algunos proyectos.

ABSTRACT

This paper tries to show any GIS applications at CIEMAT. During the last years, CIEMAT has been applying GIS on several projects related with Renewable Energies and Environmental Impact of Energy like: regional integration of renewable energy, Solar and Biomass resources assessment, inventories of atmospheric pollution, soil pollution evaluation, etc. In this meeting, we want to continue with the task of presentation started in the last one in Vitoria (1996). Now, we want to show more extensively the finished projects and future perspectives.

1. Introducción

Los SIG tienen una larga historia de aplicación, entre otros muchos, en el campo del Medio Ambiente (BORROUGH, 1986). Pero, a pesar de la gran heterogeneidad en las posibilidades de aplicación de esta metodología, en todos estos años de desarrollo las aplicaciones han estado relativamente reducidas a un número no excesivo de áreas. Así, es muy frecuente encontrar un gran número de desarrollos en el campo catastral, o en el de la dinámica del paisaje, o en la localización de instalaciones, etc.; pero en muchos

otros campos (profusamente expuestos en muchos manuales) los desarrollos de aplicaciones son realmente escasos. Este relativo vacío lo hemos encontrado sobre todo en la aplicación de los SIG al ámbito de la energía, y particularmente en la integración regional de las Energías Renovables. Tan sólo unos pocos grupos nacionales e internacionales hacen uso de esta herramienta, por otro lado, de utilidad tan evidente. En el caso del tratamiento de contaminantes, el uso está más extendido.

Desde hace unos años el uso de los SIG se ha ido extendiendo paulatinamente en el CIEMAT. La disparidad de proyectos no siempre ha implicado desconexión entre los diferentes grupos de usuarios de SIG. Los campos en los que hemos utilizado esta herramienta han sido básicamente dos: el estudio de recursos y emplazamientos de Energías Renovables y el estudio de contaminantes. Vamos a ver en primer lugar tres proyectos de Energías Renovables (no detallaremos el primero de ellos por haber sido ya objeto de comunicación en el Coloquio de Cuantitativa de Vitoria en 1996). A continuación veremos cuatro proyectos del área de contaminación: dos de contaminación atmosférica y dos de contaminación de suelos.

Todos los proyectos se presentan en forma de ficha-resumen con indicación del título del proyecto, la línea o departamento en el que se enmarca, los objetivos y descripción del mismo, así como el software utilizado en su realización y los motivos por los que se han aplicado los SIG.

Al final incorporamos una bibliografía en la que se encuentran algunos artículos y documentos específicos de cada proyecto, por lo que si alguno de los asistentes desea ampliar su información puede acudir a ellos. Igualmente, se puede ampliar esa información contactando con los firmantes de esta comunicación a través del correo electrónico reseñado al principio.

2. Proyectos

Proyectos enmarcados en el ámbito de las Energías Renovables:

Título: "SOLARGIS. Integration of renewable energies for decentralized electricity production in regions of European Union and developing countries" ¹ (ver Domínguez y otros 1996a, b y c).

¹ Este proyecto fue presentado en el último Coloquio de Geografía Cuantitativa celebrado en Vitoria en 1996, por lo que no vamos a entrar a describirlo de nuevo en esta comunicación.

Título: "The use of Biomass to generate electricity on a large scale".

Línea: Este proyecto ha sido realizado por el gabinete de Estudios Socioeconómicos del Instituto de Estudios de la Energía del CIEMAT con el apoyo del Departamento de Energías Renovables para la Agencia Internacional de la Energía.

Objetivos y breve descripción: El objetivo de este estudio era evaluar la capacidad del territorio español para la producción de 1 GW de energía eléctrica a partir de biomasa. Para la localización de las plantas de transformación se tuvieron en cuenta diferentes criterios: la distancia a núcleos y la población existente en los mismos, la existencia de infraestructuras de transporte terrestre y eléctrico, la existencia de determinados cultivos y la pluviosidad de la zona (potencialidad productiva) y la existencia de agua para el uso de la planta. Con esta información se llegaron a determinar más de veinte emplazamientos potenciales jerarquizados en función de su capacidad productiva.

Software utilizado: Se ha utilizado ARCINFO v.7 para la conversión de datos y el análisis y ArcView v. 2 para la producción de mapas.

Por qué SIG: La utilización de un SIG en este proyecto permitió la combinación de numerosas variables geográficas, y la posibilidad de simulación con diferentes ponderaciones de las mismas (¿que pasaría si?). También se utilizó para la producción de cartografía para el informe.

Título: "MERSOTERM. Mercado de producción de electricidad solar térmica con tecnología de torre. Aplicación a España".

Línea: Desarrollo Tecnológico y viabilidad de la energía solar térmica. Proyecto realizado por el Departamento de Energías Renovables para INABENSA.

Objetivos y breve descripción: El objetivo del proyecto era analizar las posibilidades de producción de electricidad en España a partir de la tecnología de aprovechamiento de la energía solar térmica en centrales de torre. El análisis se ha realizado a nivel de toda España por lo que la escala utilizada ha sido 1/1.000.000. Las variables utilizadas en la determinación de las principales áreas de aprovechamiento han sido: costes de producción (derivados del análisis de la radiación solar), hidrografía, carreteras, pendientes y red eléctrica. Estas variables se encontraban en formato vectorial, salvo costes y pendientes

(en raster). Mediante sucesivas superposiciones de las variables ponderadas (los principales factores de limitación fueron distancia y coste) se llegó a la determinación de dos grandes áreas de aprovechamiento: la primera en el Valle del Guadalquivir y la segunda en el sudeste, entre las provincias de Murcia y Almería.

Software utilizado: Se ha utilizado ARCINFO v.7 para la conversión de datos y el análisis y ArcView v. 2 para la producción de mapas.

Por qué SIG: El SIG se ha utilizado por su versatilidad para:

- Almacenamiento de variables y conversión de formatos e importación de imágenes de satélite ya tratadas con datos de radiación
- Cruce de variables para la definición de las áreas potencialmente más idóneas.
- Producción de la cartografía para el informe.

Proyectos enmarcados en el ámbito del Medio Ambiente (DIAE)

Atmósfera:

Titulo: "SICAH: Sistema Informático para el Control de la Contaminación Atmosférica en Huelva".

Línea: Este trabajo se enmarca en un acuerdo específico entre el CIEMAT y la Agencia (hoy Consejería) de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía titulado "Desarrollo e Implantación de un sistema de Alerta y Prevención de la Contaminación Atmosférica para el Entorno Industrial de Huelva", del que es coordinador para el CIEMAT el Departamento de Impacto Ambiental de la Energía (DIAE), que ha contado con la Subdirección General de Informática para la realización del desarrollo informático del proyecto.

Objetivos y breve descripción: Se trata de una aplicación informática capaz de calcular en tiempo real y predecir la calidad ambiental del aire en la zona del polígono Industrial de Huelva, a partir de una red de sensores, ya instalada, de emisión e inmisión de contaminantes y de parámetros meteorológicos. Para la simulación se utilizan datos meteorológicos en tiempo real procedentes de una red de torres ya existentes y datos del viento en altura, que constituyen la entrada a los códigos de dispersión desarrollados por personal DIAE.

Software utilizado: El núcleo central de la aplicación se ha desarrollado en MS-Visual C++. Los datos se obtienen de un repositorio Oracle en instalación remota, que recibe datos reales cada 15 minutos. La interfase geográfica se ha desarrollado en ArcView/Avenue incluyendo la extensión Spatial Analyst, y permite la visualización y modificación de los datos de entrada así como la representación en forma de mallas de isoconcentración de los resultados de la salida generados por los códigos de simulación. La generación de documento de salida se lleva a cabo tanto con ArcView/Avenue (la salida gráfica) como con MS Word (la información constituida por texto).

Por qué SIG: Se ha decidido la utilización de un SIG por los excelentes resultados que se obtienen con respecto a:

- Localización geográfica de los elementos que intervienen en el sistema (sensores) y a sus datos,
- Representación de los elementos geográficos de la zona (carreteras, ciudades, etc.),
- Tareas relativas a la visualización de los resultados, tales como obtención y ubicación de mallas de valores, intercambio entre formatos raster y vector, etc.,
- Interacción del usuario con los elementos geográficos susceptibles de ser modificados por él (activar/desactivar sensores, p.ej.),
- Facilidad en la creación de informes personalizados.

Título: "Anthropogenic emission inventory around the city of Burriana (Valencia)".

Línea: Departamento de Impacto Ambiental de la Energía y Departamento de Energías Renovables del CIEMAT, CEAM (Valencia). Patrocinado por JRC-Environment Institute.

Objetivos y breve descripción: El objetivo de este proyecto era realizar un inventario de contaminantes atmosféricos² en un área de 10.000 km² que comprendía la mayor parte de la Provincia de Castellón, el norte de Valencia y el este de Teruel. La resolución del pixel era de 1 km², para la cual se utilizaron fuentes

² En este inventario se incluían los contaminantes de CORINE AIRE (SO₂, NO_x, NMVOC, CH₄, CO, CO₂, N₂O y NH₃).

cartográficas a escala 1/1.000.000. El inventario consideraba, para cada uno de los contaminantes estudiados, el perfil típico diario de todas las actividades comprendidas en CORINE AIRE. Estos datos se incorporaron al proyecto BEMA (Emisiones Biogénicas en el Área del Mediterráneo).

Software utilizado: ARCINFO 7 (sobre todo el módulo GRID y AML) y ArcView 2 y 3, para la representación cartográfica y chequeo de resultados.

Por qué SIG: La enorme complejidad de este proyecto requería de un sistema de análisis y almacenamiento de datos espaciales muy potente. La herramienta debía de soportar tareas de programación y de cálculo de matrices espaciales, así como de chequeo en la localización de los datos y control en la distribución geográfica de los mismos.

Suelos:

Título: "Determinación e implicaciones de la metodología de Cargas/Niveles Críticos de contaminantes atmosféricos."

Línea: Este proyecto ha sido financiado con los fondos del Programa PIE (Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico Electrotécnico) y se ha llevado a cabo con la participación de UNESA, ENDESA, Iberdrola y CIEMAT.

Objetivos y breve descripción: Las actividades llevadas a cabo se enmarcan dentro de las líneas desarrolladas en los foros técnicos del Convenio de Ginebra (UN/FE) sobre *Transporte a Larga Distancia y Transfronterizo de Contaminantes Atmosféricos*. Este Convenio, ratificado por España en 1982, surgió de la necesidad de un programa conjunto de gestión medioambiental de ámbito regional que permitiera políticas conjuntas de estrategias de reducción de emisiones de contaminantes a la atmósfera. Los protocolos firmados hasta 1993 se realizaron sobre la base de reducciones porcentuales de emisiones de contaminantes respecto a un año de referencia. Sin embargo, desde 1986 se plantea un nuevo enfoque en las estrategias de reducción consistente en realizar ésta en base a prevenir los efectos de los contaminantes sobre los ecosistemas. Es entonces cuando se comienza a aplicar el concepto de carga crítica como el valor umbral de depósito en las estrategias de reducción de emisiones. Una parte importante de las actividades desarrolladas durante el proyecto ha consistido en estimar y cartografiar la carga crítica de acidez, azufre y

nitrógeno de los ecosistemas forestales. Para ello ha sido necesario por un lado identificar, localizar y caracterizar los ecosistemas forestales y por otro realizar el análisis y adaptación de la metodología de cálculo (modelo de balance de masas en estado estacionario, SMB) en su aplicación a nuestros ecosistemas.

Software utilizado: La identificación, localización y caracterización de los ecosistemas forestales se ha llevado a cabo utilizando el Sistema de Información Geográfica Terrasoft.

Por qué SIG: El SIG se ha utilizado para el tratamiento de la cartografía digital y para la elaboración de la base de datos con la que se han realizado los cálculos, y posteriores representaciones, de las cargas críticas de acidez, azufre y nitrógeno para los distintos ecosistemas. El tipo de información utilizado se indica en la tabla 1.

Tabla 1 Principales parámetros y fuentes empleadas en el cálculo de cargas críticas.

	Parámetro	Fuente
SUELOS	Tipo de suelo, Textura Roca Madre Tasa de alteración	FAO Mapa litológico Calculado
VEGETACIÓN	Tipo de bosque Localización bosques Absorción de nutrientes Tasa de crecimiento Contenido de elementos	CORINE CORINE Calculado Estimación CORINE, ICONA de Vries et al., 1993
CLIMA	Precipitación Temperatura	Atlas Nacional Climatología Atlas Nacional Climatología
HIDROLOGÍA	Evapotranspiración Percolación	Calculado Método Turc Calculado
NITRÓGENO	N inmovilizado Fracción desnitrificación Absorción crítica Lixiviado crítico	Downing et al., 1993 de Vries et al., 1993 Calculado Calculado
DEPOSITO CATIONES	Ca ²⁺ , Mg ²⁺	Calculado a partir de datos de estaciones de la red EMEP

Título: "Caracterización de la Vulnerabilidad Radiológica de los Suelos Españoles en caso de Accidente Nuclear Grave en relación con la Vegetación Natural y con los Cultivos".

Línea: Proyecto de Protección Radiológica por Intervención.

Financiación: CSN y ENRESA, formando parte de sus respectivos planes de I+D.

Objetivos y breve descripción del proyecto: El proyecto está dirigido a predecir el comportamiento del Cs¹³⁷ y del Sr⁹⁰ en los distintos suelos peninsulares, a partir del análisis de las propiedades edafológicas que presentan cada uno de ellos y de aquellos factores externos que influyen en dicho comportamiento. Esto conducirá a establecer una categorización de los suelos mediante la asignación de unos índices de vulnerabilidad representativos del impacto radiológico, que permitiría, en caso de que tuviera lugar un accidente nuclear, que por una parte se pudiera hacer una predicción de las dosis que recibiría la población, y por otra se pudiera establecer la adecuada estrategia de intervención.

Software: dbase 5 par Windows:

- base de datos de perfiles de suelos
- programación de cálculo de índices de vulnerabilidad.

IDRISI 1.0 para Windows

Por qué SIG: Los índices de vulnerabilidad obtenidos en el estudio (tanto parciales como globales) se incorporan a un SIG (IDRISI) para su representación gráfica sobre el mapa de la Península y para la identificación de las zonas de intervención prioritaria en función del riesgo. La representación gráfica es posible porque los datos de los perfiles en la BD incorporan su localización geográfica.

Se obtienen dos tipos de resultados gráficos:

- representación de los índices puntuales obtenidos para cada uno de los perfiles estudiados
- representación de los índices asociados a los recintos del Mapa de Suelos de la Comunidad Europea a escala 1/1.000.000

3. Conclusión

Nos gustaría terminar esta presentación exponiendo brevemente nuestras próximas perspectivas. Tenemos el objetivo de incrementar el uso de la información geográfica y

de los SIG en todos aquellos proyectos científicos en los que tenga cabida, para ello estamos formando un grupo de apoyo que, centralizado en el centro de cálculo del CIEMAT, se encargue de promover el uso de estas herramientas entre los diferentes investigadores del centro de una forma eficiente. Para ello nos planteamos retos sobre todo en la línea de la interoperabilidad del software y del uso extensivo de las redes de comunicación para conseguir estos objetivos. También nos gustaría continuar trabajando con otros grupos de investigación, ajenos al CIEMAT, tanto en España como fuera de nuestras fronteras. Nos gustaría poder presentar en el próximo Coloquio estas propuestas como hechos ya conseguidos.

Bibliografía

- Burrough, Peter A. (1986): *Principles of Geographical Information Systems for land resources assesment*. Clarendon Press, Oxford.
- Clarke, J.A. y Grantt, A. D.(1996). *Planning support tools for the integration of renewable energy at the Regional level*. WREC.
- De Vries, W., Posch, M., Reinds, G.J y Kämäri, J., (1993): *Critical Loads and their Exceedance on Forest Soils in Europe*. Report 58 (Revised version), DLO. The Winand Staring Centre, Wageningen (The Netherlands).
- Domínguez Bravo, Javier (1996c): "Evaluación de Emplazamientos Potenciales para Sistemas de Producción Descentralizada de Electricidad con Energías Renovables." en *Modelos y Sistemas de Información en Geografía*: AGE, Vitoria. pp. 211-217.
- Domínguez Bravo, Javier, Rodríguez, Santiago; Sánchez-Ocaña, Ignacio y Martín, Francisco (1996b): "Wind Resources Assessment and Wind Farm Site Selection using Geographic Information Systems". *1996 European Union Wind Energy Conference*. pp. 568 a 570. Göteborg, Sweden.
- Domínguez Bravo, Javier; Sánchez-Ocaña, Ignacio; Rodríguez, Santiago; Ramírez, Lourdes y Martín, Francisco (1996a): "Integración de Energías Renovables para la Producción Descentralizada de Electricidad. Desarrollo con ARC/INFO." en *Actas de las V Conferencia Nacional de Usuarios de ESRI*. Madrid.
- Domínguez Bravo, Javier y Martínez Hernández, M^a. Luisa (1993): "Diversas metodologías para la realización de inventarios de recursos naturales y de mejora en su gestión con los Sistemas de Información Geográfica". *Actas del II. Congreso Nacional de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica*. Madrid. p. 455 a 464.
- Downing, R.J., Hettelingh, J.P., De Smet,P., (1993): *Calculation and mapping of critical loads in Europe*. Status report 1993. Coordination Center for Effects. National Institute of Public Health and Environmental Protection. Bilthoven (The Netherlands).
- Felicísimo, Angel Manuel (1994): *Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones en las Ciencias Ambientales*. Pentalfa, Oviedo. pp. 222.

- González, Carlos, Bailador, Almudena, Sánchez, Eugenio, Gorostiza, Concepción, Martín, Fernando y Palomino, Inmaculada (1997): *SICAH. Ejemplo de integración de ArcView con otras herramientas Windows*. en VI Conferencia Nacional de Usuarios de ESRI - Madrid, noviembre de 1997.
- Martín, Fernando y otros (1998): *Anthropogenic emission inventory around the city of Burriana (Valencia)*. CIEMAT.
- Martín, Fernando y otros (1997): *Development of an Automatic System for Control and Prevention of Air Pollution in Huelva (Spain)*. en Measurements and Modelling in Environmental Pollution, Editorial Computational Mechanics Publications; R. San Jose, C.A. Brebbia.
- Palacios, Magdalena, Cabal, Helena y Domínguez, Javier (1997): *Estimación de emisiones procedentes de tráfico rodado en las Palmas*. CIEMAT.
- Rivero Fernández, C., Rábago Juan-Aracil, I., Sousa Carrera, M., Lorente Ibañez, M., y Schmid, T. (1996): *Cálculo y cartografía de cargas críticas para España. Aplicación del modelo SMB*. Colección Documentos CIEMAT.
- Sánz Angulo, Lucio y Domínguez Bravo, Javier (1995): "Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la Planificación de Impactos Ambientales en Líneas Aéreas de Alta Tensión" en *Actas del IV Vongreso Español de Sistemas de Información Geográfica* . 2ª ed. AESIG. Barcelona, septiembre de 1995. p. 243 a 251.
- Stan C. M. Geertman, Jan R. Ritsema Van Eck (1995). *Gis and models of accesibility potential : an application in planning*. IJGIS, 1995, Vol.9, No.1, 67-80.
- Trueba, Cristina, Millán, Rocío, Schmid, Thomas y Gutiérrez, José (1997a): *Criterios para la selección y cuantificación de los factores edafológicos a tener en cuenta en la elaboración de índices de vulnerabilidad*. CIEMAT-DIAE. p. 37.
- Trueba, Cristina, Millán, Rocío, Schmid, Thomas y Gutiérrez, José (1997b): *Vulnerabilidad radiológica de los suelos españoles*. XXIII Reunión Anual de la SNE. CIEMAT-DIAE. p.27.
- Trueba, Cristina, Millán, Rocío, Schmid, Thomas y Gutiérrez, José (1997c): *Base de datos de parámetros edafológicos y su correspondiente documentación. Diseño e implementación informática*. CIEMAT-DIAE. p.25.
- Wendell, L. L. et al. (1993): *Applicability of Digital Terrain Analyses to Wind Energy Prospecting and Siting*. In Proceedings of the Windpower'93 Conference. San Francisco (CA.) EE.UU.