

Actas del V Coloquio de Geografía Cuantitativa
Universidad de Zaragoza
1992, Zaragoza

LA ENSEÑANZA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

Joaquín BOSQUE SENDRA
Universidad de Alcalá de Henares

1.- Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en un instrumento de amplia difusión en la Administración pública española y en las actividades de las empresas y de diversos organismos de recogida y tratamiento de información. Todo ello está generando una demanda de personal experto en su manejo a la que los centros de enseñanza, en especial los universitarios, han empezado a responder con la creación de cursos y diplomas sobre los SIG.

La actual reforma de los planes de estudio universitarios pone aun mas de actualidad una discusión sobre los objetivos, el contenido y los métodos de enseñanza de los cursos actuales y, sobre todo, futuros sobre SIG. Esta comunicación desarrolla algunas ideas sobre estas cuestiones, relacionandolas con las experiencias que, en este sentido, se han desarrollado en el Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá de Henares.

Finalmente, cabe recordar la continuada atención que se presta a esta problemática en los Congresos europeos sobre SIG. Desde el EGIS'90 al EGIS'92 no han cesado de aumentar las sesiones de trabajo dedicadas a la enseñanza de los SIG, culminando con la creación, en abril de 1992, de un Grupo de interes sobre el tema coordinado por el Prof. Ian Masser.

Todo ello marca el interés de discutir todos estos temas en una reunión como la del Grupo de métodos cuantitativos de la AGE.

2.- La finalidad de la enseñanza sobre SIG en un Departamento de Geografía universitario

Los SIG constituyen un elemento fundamental en la actividad de un geógrafo. Son uno de los principales instrumentos con el que cuenta la Geografía para desarrollar del modo más conveniente, rápido y eficiente algunas de las tareas que la sociedad reclama a un licenciado en Geografía. Por ello, parece esencial que en las futuras licenciaturas y diplomas impartidos por los Departamentos de Geografía, algún tipo de enseñanza sobre SIG aparezca y se desarrolle con cierta profundidad.

Una cuestión esencial y previa para crear este tipo de enseñanzas es determinar cuál debe ser su objetivo principal. En concreto, se pueden establecer dos finalidades algo diferentes: por un lado, dado su carácter de cuestión instrumental, muy difundida ya en la actividad de diversas instituciones y organismos, las enseñanzas geográficas sobre SIG deberían pretender formar profesionales y expertos en la utilización de los SIG y, por otro, facilitar un conocimiento básico de estas herramientas a los restantes geógrafos, que solo los emplearán circunstancialmente en sus actividades (docentes, investigadoras, etc). Por lo tanto, nuestra opinión es que los SIG pueden constituir en el futuro un amplio sector de trabajo y empleo para los futuros licenciados en Geografía, lo que exige establecer las pertinentes enseñanzas y cursos.

La formación de profesionales de los SIG, por otra parte, no es una cuestión totalmente clara; se han formulado varias propuestas de los niveles que se pueden distinguir en este concepto general de profesional de SIG. En otro lugar (Bosque y otros, 1992) ya hemos planteado nuestra opinión de establecer solo tres niveles diferentes en este tipo de profesional, que son los siguientes:

1º El usuario "inteligente", el más habitual y numeroso de los profesionales SIG; serían personas que, siendo expertos en algún campo de conocimiento o de actividad (licenciados en Geografía, gestores municipales, expertos en Ordenación del Territorio, etc), están obligados a emplear la tecnología SIG en la resolución de sus problemas. Se les puede considerar, en alguna medida, como unos analistas de datos que disponen de una nueva y potente herramienta. Para ellos, un SIG es, simplemente, un instrumento potente y que debería ser fácil de emplear. No obstante, siendo un SIG un instrumento complejo, sus usuarios deben tener un conocimiento amplio de su organización interna y conceptos fundamentales, lo que exige una educación previa relativamente importante y detallada.

2º El administrador del sistema, un nivel de formación superior al anterior. Se trata de un experto en el uso de un programa informático SIG en concreto y, sobre todo, la persona dedicada a mantener y estructurar las bases de datos integradas en el sistema, en condiciones de empleo para los usuarios habituales.

3º El generador/elaborador de SIG, el investigador de los problemas de la mejora y desarrollo de nuevos y mas potentes dispositivos físicos y lógicos para los Sistemas de Información Geográfica.

Este planteamiento teórico se puede contrastar con la actual situación de la demanda de profesionales SIG existente en nuestro país. No es ésta una cuestión fácil, pues no se han publicado muchos estudios documentados sobre el tema, únicamente se puede plantear aquí la experiencia obtenida a través de los estudiantes formados en la Universidad de Alcalá de Henares y sus empleos actuales o por una observación dispersa de los anuncios de este tipo de empleos en la prensa diaria. En resumen, parece que la actual demanda de empleos relacionados con los SIG se concentra sobre todo en tres aspectos: en primer lugar, y con mas volumen de demandas, la de personal mínimamente entrenado que trabaje en la entrada de datos (digitización, corrección, etc), en especial en relación a los proyectos de creación de la base de datos catastrales; un segundo lugar, lo ocupan los empleos relacionados con proyectos de investigación o de trabajos dependientes de la Administración en los que se exige un conocimiento amplio de SIG (y de otras materias conexas como la interpretación de imágenes de teledetección) para resolver cuestiones complejas; finalmente, la tercera opción de empleos ofrecidos, en especial en la prensa, es la de programadores y analistas de sistemas ligados a instituciones de la Administración pública que cuentan ya con programas informáticos comerciales y que los desean explotar y utilizar a fondo.

Partiendo de la anterior diferenciación en tres niveles de los profesionales SIG, se debe considerar que los Departamentos de Geografía tienen capacidad, principalmente, para formar el primer nivel, el que hemos denominado usuario inteligente de un SIG, y, en mucha menor medida, el de administrador de SIG. El tercer nivel (creador/desarrollador) será normalmente un informático que reciba, con posterioridad a su licenciatura, enseñanzas sobre SIG y se dedique a su desarrollo.

Una cuestión especial es que la demanda principal que se plantea actualmente es la de operadores de entrada de datos, y un usuario inteligente es bastante más que esto, lo que determina que, al menos en la experiencia del departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá de Henares, una parte de nuestros estudiantes han entrado al mundo profesional por un nivel inferior a su formación, aunque en muchas ocasiones han podido ascender de situación y adquirir un estatus profesional más acorde con su titulación y su formación. Esta situación es, en gran medida, provisional dado que en España se está en la fase de creación de las bases de datos digitales, sin haber entrado todavía en el momento álgido de su explotación. En esa previsible etapa la demanda de usuarios de los SIG debe crecer en gran medida y, es de suponer, los licenciados en Geografía preparados podrán tener una participación importante en esta área del empleo.

En resumen, nuestra propuesta es que los Departamentos de Geografía deben plantearse la formación de usuarios inteligentes de los SIG con capacidad de trabajar en la explotación y gestión diaria de un SIG en diferentes tipos de aplicaciones.

3.- El contenido de un currículo sobre SIG en un Departamento de Geografía

Admitido que la finalidad principal de las enseñanzas sobre SIG, en un Departamento universitario de Geografía, debe ser la formación de usuarios inteligentes, y en menor medida de administradores del SIG, ¿cuáles son las materias y los temas que se deben integrar en las enseñanzas desarrolladas?

En primer lugar, conviene diferenciar dos tipos de enseñanzas sobre SIG. Por un lado, la **formación**, que consiste en el conocimiento de los principios fundamentales de los SIG y en las características especiales de la información geográfica, en especial para su manejo con los ordenadores, y, por otra parte, el **entrenamiento**, resumido a la capacidad de manejar un concreto programa de ordenador de SIG.

Es evidente que las enseñanzas a desarrollar en la Universidad se deben centrar en la formación, dejando en un segundo lugar, o eliminando absolutamente, el entrenamiento sobre programas, aunque esto se matizará algo más adelante.

¿Cuales serían, por lo tanto, los contenidos de un programa de formación de un usuario inteligente de un SIG?. Es esta una cuestión bastante discutida con diferentes alternativas (Blok y Tempel, 1991; Unwin y otros, 1990). Una posible propuesta, basada, en la experiencia de nuestro Departamento, es la siguiente:

1º Definición general, contexto institucional e histórico de los SIG. La sociedad de la información. SIG y sistemas de información en general.

2º La información y los datos geográficos. Problemática específica de su manejo con el ordenador. Modelos de datos para la representación digital de la información espacial: geocodificación vectorial, geocodificación raster, etc.

3º Operaciones de entrada de la información en un SIG. Digitización vectorial y raster. Procedimientos de conversión entre los distintos modelos de datos. La información geográfica en formato digital disponible en España. Procedimientos para la conversión de formatos informáticos.

4º Análisis de datos en un SIG. Relaciones con el Análisis estadístico clásico y con los procedimientos del Análisis espacial. Principales funciones analíticas: búsqueda selectiva de información (temática y espacial); superposición de mapas, análisis de redes, definición de áreas de influencia (buffers), etc. Concepto de modelado cartográfico.

5º Representación de la información geográfica. Tablas, gráficos y cartografía asistida por ordenador. Mapas vectoriales y mapas raster.

(Los tres conjuntos de cuestiones anteriores se pueden tratar diferenciando entre SIG vectoriales, SIG raster y el estudio de Modelos Digitales del Terreno, ya que aunque la mayoría de las citadas cuestiones tienen muchos elementos comunes en los tres tipos de SIG, es interesante todavía diferenciar las mencionadas tres formas de SIG).

6º Aplicaciones prácticas más habituales de los SIG: planificación y gestión urbana, catastro, transporte, gestión de redes y grandes instalaciones, marketing geográfico, etc. En cada caso se estudiarán los datos específicos y sus problemas, los métodos de entrada y representación de la información y los procedimientos de análisis más empleados en cada aplicación.

Este amplio conjunto de cuestiones da motivo para establecer una o varias asignaturas específicas sobre SIG en las futuras licenciaturas en Geografía. En el caso del Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá, se han usado varias modalidades de organización docente, por ejemplo, en el último año académico (1991-1992) y dentro del Curso de especialización "Cartografía temática e interpretación de imágenes de satélite" se han impartido cinco asignaturas sobre SIG, en cuatro de ellas se han tratado la mayoría de las cuestiones antes planteadas: "Principios básicos de SIG" (10 horas), "SIG raster" (20 horas), "SIG vectoriales" (40 horas) y "Modelo Digital del terreno" (10 horas). La quinta asignatura fue dedicada al ARC/INFO y su finalidad principal era el entrenamiento en su manejo.

Para terminar con la cuestión de los contenidos de las enseñanzas sobre SIG, parece necesario diferenciar dos niveles de profundidad en esta formación de usuarios de SIG. En primer lugar, se sitúa la formación sobre "Qué puede hacer un SIG", su objetivo es el conocimiento de lo que se puede llamar la filosofía de funcionamiento y de trabajo con un SIG; el estudio, por lo tanto, de los resultados de cada operación, de su utilidad práctica, de los requisitos necesarios para llevarla a cabo y de las limitaciones y problemas de su utilización. En segundo lugar, un nivel de profundidad mayor se refiere a "Como efectúa cada operación un SIG", es decir el conocimiento de los algoritmos, matemáticos o informáticos, que permitan llevar a cabo cada tarea. En el caso de la formación de un usuario el nivel de profundización aceptable es el primero, "Qué puede hacer un SIG", sin entrar en detalle en como se efectúan las tareas por el ordenador y el programa informático o en cuales son los algoritmos que se emplean en esta operación¹. Quizás, en algunos pocos casos fundamentales, pueda ser útil mencionar y describir someramente algunos de estos algoritmos para que los usuarios puedan percibir algo de la complejidad de las operaciones y comprendan mejor la necesidad de especificar con claridad las tareas a desarrollar.

¹ Ver, por ejemplo, los libros elaborados por Samet (1991a y 1991b), para entender el sentido de este segundo nivel de profundidad.

4.- Tipos de enseñanzas sobre los SIG

Una vez establecido el objetivo y los contenidos básicos de las enseñanzas sobre SIG, es preciso tratar de los métodos de enseñanza mas útiles para su desarrollo real.

Esencialmente se pueden diferenciar dos. Un enfoque estrictamente teórico, en el cual se discutan los contenidos anteriores sin llegar a realizar ninguna aplicación práctica concreta. Por lo tanto se trata de una enseñanza de las ideas fundamentales totalmente independiente de un programa informático concreto. Exista ya una amplia bibliografía que facilita llevar a cabo este enfoque; entre otros se pueden citar los siguientes libros y manuales de enseñanza: Maguire, Goodchild y Rhind, 1991; Bracken y Webster, 1990; Aronoff, 1990; Star y Estes, 1990; NCGIA, 1990; Tomlin, 1990; Burrough, 1988; Cebrián, 1988, etc. Todos ellos serían útiles para un enfoque centrado en la formación, pues tratan los temas de manera independiente de cualquier programa de ordenador. Para un planteamiento mas centrado en el entrenamiento se puede citar, por ejemplo, ESRI (1990).

No obstante, nuestra experiencia se decanta por otro enfoque didáctico diferente, uno que se puede denominar teórico-práctico, en el cual junto a las explicaciones en clase, la lectura y el estudio de textos por los estudiantes, se une la utilización de alguno o algunos programas informáticos para poner en práctica los conceptos teóricos y resolver con ellos cuestiones prácticas. Este método de enseñanza parece mas aceptable dado el carácter de la cuestión: los SIG son esencialmente instrumentos, y el aprendizaje de una herramienta se realiza mejor mediante la utilización y la resolución de tareas con ella.

El decantarse por un enfoque didáctico teórico-práctico plantea de inmediato un problema, el uso de este instrumento no solo exige un conocimiento teórico de sus capacidades y posibilidades, al mismo tiempo es necesario conocer la dinámica concreta de su operación, en otras palabras es necesario un **entrenamiento** de los estudiantes en el uso de los programas informáticos utilizados. Por lo tanto, de este modo se produce una unión de los dos enfoques de la enseñanza, la **formación** y el **entrenamiento**, que antes habíamos separado. La cuestión es que la complejidad de manejo de los programas informáticos, en especial de algunos, no debilite el aspecto formativo y toda la actividad docente se concentre, finalmente, en el entrenamiento en el uso de algún programa.

Este resulta ser un problema importante. Como se ha indicado en muchas ocasiones, la mayoría de los programas informáticos de SIG comerciales resultan muy difíciles de aprender a manejar, es necesario invertir un largo período de tiempo en su aprendizaje y entrenamiento. Lo que puede conducir a perder el sentido fundamental de las enseñanzas universitarias, que es la formación en los conceptos básicos de SIG. Por ello, la solución es seleccionar muy bien qué programas informáticos se emplean para las tareas prácticas. Deben ser aquellos que hayan sido diseñados con una clara idea docente en su planteamiento fundamental. En nuestro Departamento, después de cierta experiencia concreta con varios tipos de programas (de tipo raster, los denominados pMAP, CRIES, IDRISI; de tipo vectorial, ATLAS*GIS, pcARC/INFO), hemos considerado que las mejores opciones son IDRISI y ATLAS*GIS, que combinan una relativa facilidad de manejo (aunque ambos están orientados a las funciones y operaciones y no a la resolución de problemas), y unas capacidades analíticas mas que suficientes para las tareas prácticas de la enseñanza. Lo mas problemático sigue siendo un programa para trabajar con MDT en microordenadores. No existe, en nuestro conocimiento, ningún programa de este nivel que maneje la estructura TIN (red irregular de triángulos), lo que constituye una limitación importante desde el punto de vista docente.

5.- Variantes de la enseñanza teórico-práctico de los SIG

Dentro del enfoque teórico-práctico de la docencia sobre SIG se pueden diferenciar varias modalidades concretas, esencialmente dos: la realización de proyectos de aplicación de un SIG y la combinación de las enseñanzas teóricas con la realización de prácticas (ejercicios de laboratorio).

La realización de un pequeño proyecto de desarrollo y aplicación de un SIG constituye uno de los procedimientos, para combinar la teoría con la práctica, mas interesante y mas habitual en estas cuestiones. En este enfoque el alumno, además de seguir las enseñanzas teóricas, debe plantear un problema que será resuelto con un SIG, a continuación define la base de datos necesaria, la genera usando algún programa informático, después, usando los distintos procedimientos de análisis disponibles resuelve la cuestión inicialmente planteada (creando para ello un modelo cartográfico teórico que se desarrolla después prácticamente) y, finalmente, obtiene una representación cartográfica de la solución encontrada. Evidentemente, si el alumno es capaz de llevar a cabo todas estas tareas de modo correcto, posiblemente habrá aprendido, de modo no solo teórico sino igualmente práctico, las capacidades y posibilidades

prácticas de los SIG. Lo problemático de este enfoque es la alta exigencia de tiempo y dedicación tanto por parte del alumno, como igualmente del profesor; esto hace que sea a veces difícil para un docente compaginar sus explicaciones teóricas con la dedicación a resolver dudas y ayudar al alumno a llevar a cabo su proyecto. Por eso, parece mas fácil separar el desarrollo del proyecto en otra asignatura complementaria a la de las enseñanzas teórico-prácticas.

La segunda variante de enseñanza teórico-práctica es la combinación simultanea de lecciones teóricas con la realización de ejercicios de laboratorio (prácticas) definidas por el profesor, prácticas en las cuales los estudiantes deben usar los conceptos estudiados en teoría. En nuestra experiencia, esta modalidad de enseñanza se puede desarrollar mas fácilmente, sin exigir un esfuerzo excesivo, ni al profesor ni, tampoco, a los alumnos.

Para terminar, insistir nuevamente en la importancia de definir con claridad los objetivos y métodos de la enseñanza sobre SIG en los Departamentos de Geografía, para no perder la oportunidad de generar un amplio número de licenciados en Geografía, que puedan ocupar al menos parte del amplio mercado de trabajo que se está creando sobre este instrumento.

Bibliografía

- ARONOFF, S. (1989) Geographic Information Systems. A Management Perspective, Ottawa, WDL Pub., 294 p
- BLOK, F.J. y TEMPEL, P. (1991): "Software independent GIS concepts in higher education" en EGIS' 91, Proceedings Utrecht, EGIS Foundation, pp. 1350-1357
- BOSQUE SENDRA, J. y otros (1992): "Aproximación a la didáctica de los SIG" en Comunicaciones 1º Congreso de la AESIGYT. Los SIG en la gestión territorial Madrid, AESIGYT, pp. 126-138
- BRACKEN, y WEBSTER, (1990): Information technology in Geography and planning. Including Principles of GIS, Londres, Routledge, 444 p.
- BURROUGH, P. (1988): Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Oxford, Oxford University Press.
- CEBRIAN DE MIGUEL, J.A. (1988): "Sistemas de información geográfica" en Aplicaciones de la Informática a la Geografía y Ciencias sociales, Madrid, Editorial Síntesis, pp. 125-140.
- ESRI (1990): Understanding GIS. The ARC/INFO method, Redlands, ESRI.
- MAGUIRE, D.J., GOODCHILD, M.F. y RHIND, D.W. (Editores) (1991): Geographical Information Systems, Londres, Longman, 2 vol.
- NCGIA (1990): Core curriculum. Tres volúmenes: I. Introduction to GIS. II. Technical issues in GIS. III. Application issues in GIS, Santa Barbara, CA. National Center for Geographic Information and Analysis/University of California.
- SAMET, Hanan (1990a): The Design and Analysis of Spatial Data Structures, Reading, Mass, Addison-Wesley, 491 p.
- SAMET, Hanan (1990b): Applications of Spatial Data Structures, Reading, Mass, Addison-Wesley, 507 p.

SCHOLTEN, H.J. y STILLWELL, J.C.H. (1990): Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning, Dordrecht, Kluwer, 261 p.

STAR, Jeffrey y ESTES, John (1990): Geographic Information Systems: An Introduccion, Englewood Cliffs, N.J.; Prentice-Hall

UNWIN et alia (1990): "A syllabus for teaching geographical information systems", Int. J. Geographical Information Systems, vol. 4, nº 4, pp. 457-465

TOMLIN, C. Dana (1990): Geographic Information Systems and Cartographic Modelling, Skillman, NJ; Decision Images.