
LA EDUCACIÓN DEL SIG. UNA ESTRATEGIA PARA FORMAR PROFESIONALES CON UNA VISIÓN INTEGRADA DE LAS PERSPECTIVAS TECNOLÓGICA, CIENTÍFICA Y SOCIAL DE ESTA HERRAMIENTA

Beatriz Elena Alzate Atehortúa

Geóloga, especialista en SIG y en Percepción Remota. Profesora del Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Colombia.
beajosval@tutopia.com

RESUMEN

Las necesidades crecientes de la industria del SIG han hecho que hoy en día la demanda de profesionales en SIG sea muy alta. En la mayoría de las situaciones, la educación ha respondido a este hecho dándole mayor importancia a los entrenamientos en la tecnología del SIG, quedando de lado la formación en los conceptos geográficos fundamentales de esta herramienta y en la investigación. El desarrollo de un SIG, en cualquier situación, se ve motivado por aspectos de diferente índole, los cuales examinan, entre otros, la incidencia que éste ejerce en los individuos, organizaciones y la sociedad y, a su vez, la que recibe del contexto proporcionado por el espacio geográfico. Dichas perspectivas están ocasionando que el SIG pueda ser empleado como una tecnología de y para la sociedad, de tal forma que sus objetivos cambien del enfoque de una tecnología omnipresente, pero poco explotada, al de una tecnología omnipresente, pero explotada y mantenida para los fines que fue concebida. Estos son los puntos de vista que debería considerar la educación del SIG en la época actual. Hoy, es notoria la necesidad de que el esquema educativo de los SIG cambie y que considere conjuntamente los aspectos de la geografía que fundamentan el SIG y aquellos de la informática que propician un alto tecnicismo. Además, el esquema de educación debería considerar las tres perspectivas (tecnológica, científica y social) de los SIG para la formación de profesionales. Esto garantizará que el profesional posea el conocimiento y el nivel adecuado de competencia para desarrollar verdaderas aplicaciones y sistemas SIG.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se aborda el tema de la educación, relacionado

principalmente, con los profesionales que se especializan en SIG, ya sea por que en su trabajo es fundamental el apoyo de esta

herramienta; o por que desarrollan sistemas y aplicaciones SIG, software SIG e investigan sobre esta tecnología o con esta tecnología, buscando avanzar en sus potencialidades y suplir las necesidades que surgen por su uso. De ninguna manera se esperaría que las ideas aquí expuestas aplicaran a aquellos profesionales que esporádicamente usan la herramienta en forma tan limitada que para ellos fuera precisamente suficiente un curso introductorio de entrenamiento en un software SIG específico.

El problema que se plantea aquí, es el de la educación del SIG con un bajo tecnicismo y una carencia de las bases conceptuales que son parte fundamental para un desarrollo más adecuado de investigaciones, aplicaciones y sistemas SIG (Estos últimos deberían considerar, además, el contexto sociocultural e institucional de cada situación y analizar los impactos sociales del empleo de esta herramienta en la época actual).-

A partir del problema planteado, el presente trabajo desarrolla los aspectos que son parte fundamental de las perspectivas bajo las cuales debe ser visto el SIG de la era digital. Estos sustentan la estrategia educativa que se plantea para formar verdaderos profesionales en SIG. Es una propuesta para ser considerada especialmente en currículos de geografía de pregrado o en

currículos de postgrados a cualquier nivel.

PREMISAS BASE DE LA ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN

La estrategia para la educación del SIG, la cual se propone más adelante, parte de las siguientes premisas (Duane, 1998):

Hay que cambiar la concepción de que el SIG puede ser dominado por cualquiera, con un mínimo esfuerzo de capacitación, orientado exclusivamente al manejo de software específicos, en lugar de enfocar su manejo hacia los conceptos y habilidades críticas para desarrollar un SIG.

Se requiere modificar la educación de bajo nivel del SIG, que carece del tecnicismo adecuado y de las bases conceptual, científica y social pertinentes, para producir aplicaciones de impactos más positivos y de uso amplio.

No se puede seguir sacando especialistas en SIG que aplican un porcentaje muy bajo de todo el poder que tiene esta tecnología de la información geográfica, empleándola para fines exclusivamente cartográficos, sin explotar su verdadera capacidad de generar información georreferenciada relevante, oportuna y confiable, de manera que se apoye la toma de decisiones a cualquier

nivel gubernamental o en organizaciones privadas.

Es necesario despertar un mayor interés en la investigación sobre el SIG y con SIG dentro de la geografía y las ciencias sociales.

PERSPECTIVAS BAJO LAS CUALES DEBE PENSARSE EL SIG

Para desarrollar investigaciones, aplicaciones o sistemas institucionales, el SIG debe ser pensado desde varias perspectivas, las cuales abarcan no solamente los aspectos relacionados con un alto tecnicismo, sino también aquellos conceptos científicos básicos, para una mejor escogencia de los métodos y técnicas que se empelarán durante el proceso de su desarrollo. De otro lado, desde el punto de vista de manejo, se requeriría que el SIG fuera pensado desde la visión del impacto social que esta herramienta traería a las organizaciones y a las personas, al igual que las que recibiría del contexto sociocultural e institucional de cada situación donde es requerido su empleo. En otras palabras deben ser consideradas las perspectivas tecnológica, científica y social del SIG (Alzate B., 2000).

Perspectiva social del SIG

Dentro de la perspectiva social de los SIG en los últimos años, ha surgido el término de la sociedad de la información, mostrándola como

algo diferente de las sociedades tradicionales, particularmente en su organización geográfica. La habilidad de comunicar con pocas restricciones los recursos geográficos, económicos, físicos u otros, facilita mejor al individuo y facilita la emergencia de nuevas comunidades, minando las fuentes tradicionales de poder (Cleveland, 1985). En el mundo agrario, el poder derivó de la propiedad de la tierra; en el mundo industrial, de la propiedad de los medios de producción; en la sociedad de la información, la visión se basa en que el poder se deriva más de la propiedad de la información, el acceso a su contenido, o el control de los medios para comunicarla (NCGIA, 1995).

Un tópico importante dentro de esa sociedad, es la información, la cual se considera como soporte de los conocimientos y la comunicación. Esta última afronta una gran cantidad de problemas, los cuales merecen ser considerados dentro de la perspectiva social de los SIG. Los datos espaciales digitales están siendo recolectados hoy en día, pero muchos de ellos no son de dominio público (Johnson y Onsrud, 1995), pues existen una serie de restricciones legales y económicas que impiden accederlos en forma fácil, al igual que una tendencia a imponer el control en el uso subsiguiente de dichos datos.

Además de los mencionados, la perspectiva social de los SIG abarca aspectos como los que se plantean a continuación. Estos hacen parte de los tópicos a considerar dentro del marco sociocultural e institucional del desarrollo de un SIG (Chrisman, 1997) :

Cambio tecnológico en el contexto histórico:

El cambio tecnológico se ha dado a través de la historia, como respuesta a las necesidades sociales y tratando de ajustarse a la demanda de información geográfica que esta sociedad manifiesta; por lo tanto, el desarrollo de un SIG, que considere la complejidad de cada contexto social, podrá motivar la evolución tecnológica, de tal forma que ésta sea la más apropiada en cada caso.

Distribución de la información geográfica:

La producción y consumo de información geográfica, no es uniforme a nivel mundial, ni regional, ni -local. Si bien son diversas las escalas a las cuales se pueden encontrar los datos, también son diversas las restricciones para el acceso y uso de la información.

Información geográfica dentro de las instituciones:

La información geográfica debe ser entendida en el contexto de las instituciones del sector público o privado, debe analizarse la dinámica

de la institución, sus relaciones, las necesidades particulares, la coordinación con otras entidades, la forma como la organización afronta la innovación tecnológica y la inercia en las funciones y métodos usados por la gente para abordar y dar solución a los problemas que requieren el uso de tecnologías de la información geográfica.

Información en su contexto social:

Las organizaciones también responden a presiones sociales, que son el resultado de las acciones de las personas, por ello se genera información geográfica para asegurar la equidad de asuntos públicos (valoración de impuestos, contribuciones, regulaciones) y se tiene en cuenta también la privacidad y acceso a la información.

Pickles, (1995) sugiere que los SIG y la informática, abren nuevos espacios virtuales hacia una interacción social real, en donde en nuevas comunidades se involucran nuevas formas de diálogo y nuevos parámetros de comunicación para los cuales se tiene un lenguaje pobre y sin arquitectura.

Los SIG podrían ser una fuente potencial de nuevos poderes de grupos marginados para quienes los medios tradicionales han sido inaccesibles. Los datos son mucho más que compilaciones técnicas. Cada grupo de datos representa una cantidad muy grande de relaciones

sociales (Taylor et al, 1995). Por esta razón es importante, que existan políticas bien definidas hacia el manejo de la información virtual, en donde personas que vean el SIG mas allá de una herramienta tecnológica y con una visión social mas amplia, tengan acceso a la toma de decisiones y se cuestionen sobre el porqué de la información, para qué y para quién. Generalmente el tratamiento que se da a los problemas de los datos, se centra en sus posibles errores y no en sus posibles implicaciones.

En este sentido los SIG dentro de un contexto social permitirían que a partir de mejores medios de comunicación, las comunidades pudieran tomar decisiones, a través del acceso a una mejor y mayor información, considerando un lenguaje propio de cada comunidad.

Cruce de funciones entre entidades estatales y privadas:

Las diferencias entre versiones particulares usadas para tomar decisiones y dar solución a los problemas con ayuda del SIG, en organizaciones con competencias similares, dan como resultado la polarización de opiniones con relación al mismo concepto, alejándose del enfoque del SIG para la planeación objetiva. La tendencia sería a que haya un diálogo científico para producir mejores decisiones, sin embargo esto es difícil de conseguir en sociedades donde

priman intereses personales o políticos particulares e indefectiblemente los conceptos carecen de objetividad.

Información y cultura institucional:

La cultura proporciona el armazón de valores que soportan al sistema social. Una organización puede operar como una subcultura independiente (construye internamente nuevas ideas), la cual define los métodos de captación y representación de la información geográfica, las operaciones y transformaciones sobre ella, al igual que los estándares de calidad de datos.

Los datos son consecuencia de procesos y mecanismos que solo pueden ser entendidos a través de algún conocimiento sobre como estos se relacionan o acomodan en una organización social (lo que significa un proceso de aplicación casual y no mecánico) (Talylor, 1995)

Aspectos de la perspectiva científica del SIG.

Dentro del enfoque científico se tienen las áreas del conocimiento geográfico de los conceptos que fundamentan el SIG y los métodos que permiten estudiar los fenómenos geográficamente distribuidos. En otras palabras, abarca la base conceptual geográfica en la que se construye el SIG, cuyo entendimiento permitirá un

aprovechamiento más adecuado y un desarrollo con una mejor base científica de esta tecnología.

La perspectiva científica del SIG abarca algunos conceptos geográficos básicos, los cuales comprenden el análisis del mundo en términos espaciales, las preguntas geográficas que se responden con las relaciones espaciales existentes entre los elementos del mundo real y la percepción humana del mundo espacial. Los aspectos relacionados con las abstracciones que se realizan de este mundo real y las incertidumbres y generalizaciones que traen consigo, también son tópicos de gran importancia dentro de esta perspectiva.

Para el desarrollo de un SIG, en la práctica, es fundamental saber pensar espacialmente, por ello deben ser considerados en cada una de las actividades a cumplirse, aspectos como los que plantea Chrisman, 1997 (Chrisman, 1997), los cuales hacen parte de los fundamentos científicos que usa el SIG para concebir el mundo en forma espacial y para discretizarlo a través de modelos automatizados en el computador. Estos aspectos tienen que ver con las mediciones de los fenómenos y procesos geográficos, la representación de estas mediciones y las operaciones y transformaciones sobre las representaciones, que permiten generar información útil que apoya la toma de decisiones.

Dentro de esta perspectiva, otro aspecto a considerar es que cuando el SIG es explotado, el aspecto más relevante es el modelamiento espacial, en el cual se hallan y cuantifican las relaciones espaciales y se integran los datos a través de reglas de interacción (métodos de interacción); esas reglas son las que permiten llevar a cabo la toma de decisiones y definir la forma en que se lleva a cabo el proceso de modelamiento.

Aspectos de la perspectiva tecnológica del SIG

Este aspecto tiene que ver con la materialización de los conceptos científicos que fundamentan la herramienta del SIG y con los procesos sistémicos que se llevan a cabo a través de actividades organizadas mediante las cuales la gente mide y representa los fenómenos y procesos geográficos, realiza operaciones sobre estas representaciones y las transforma en información útil, base del conocimiento.

La perspectiva tecnológica, es considera habitualmente en forma amplia durante el desarrollo de un SIG. Esta perspectiva abarca desde el uso rutinario de programas SIG, hasta el diseño y desarrollo de aplicaciones y sistemas SIG. Incluye, entre otros, los aspectos relacionados con la implementación de los conceptos geográficos en cuanto a las características de la

tecnología de computación y los algoritmos que se emplean estructurando los datos para su procesamiento. La estructuración considera las formas de almacenamiento de los elementos del mundo real en el computador, su organización en forma de objetos discretos y la forma en que son calculadas las relaciones y los algoritmos de cómputo para las diversas operaciones espaciales.

En la actualidad se manifiesta un incremento sustancial de la necesidad de información por parte de los usuarios, pero la diversidad de formatos de transferencia de datos, software de SIG y sistemas operacionales hacen muy heterogénea la información dificultando su empleo integrado; por ello, la interoperabilidad entre sistemas se ha convertido en un aspecto fundamental, que exige que la perspectiva tecnológica esté orientada hacia la solución efectiva de estos problemas.

ESTRATEGIA PARA LA EDUCACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL SIG. UNA FORMA DE GARANTIZAR LA CONSIDERACIÓN INTEGRADA DE SUS PERSPECTIVAS

De acuerdo con las premisas mostradas y con base en las perspectivas descritas para el SIG, se hace indispensable la fusión de los

aspectos geográficos del SIG, con los aspectos de la informática (Duane, 1998), fusión que garantizará la transformación del pensamiento del SIG, de una herramienta exclusivamente de hardware y software, al de una herramienta que encuentra también motivaciones en las perspectivas científicas y sociales. De esta forma serán abordados los problemas del mundo real, que requieren el manejo de la información geográfica, con una visión integrada, la cual permitirá la producción de información espacial para ser usada, accesada y transmitida, con un impacto más positivo para la sociedad. Esta fusión mejorará la calidad de la investigación de los SIG en las universidades y entidades en general.

La estrategia que se propone, plantea desarrollar la formación en SIG de manera progresiva, inyectando en cada nueva etapa una serie de conocimientos, los cuales se constituirán en la base teórica y punto de partida, para lograr un nivel de competencia cada vez mayor, que propicie el desarrollo de aplicaciones SIG, las cuales cumplan con objetivos cada vez más complejos e involucren el contexto sociocultural e institucional de cada situación en una forma pertinente.

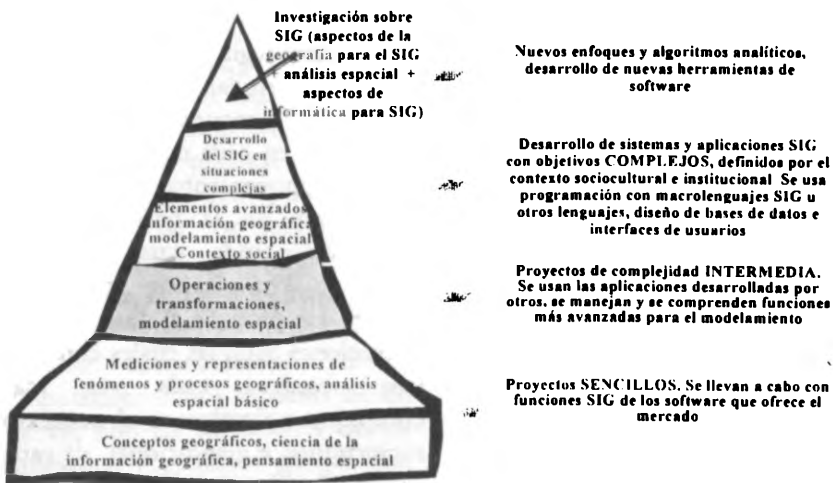
La base (fundamentos básicos sobre geografía, pensamiento espacial, ciencia de la información geográfica) es el soporte de los

diversos niveles del conocimiento en SIG. Si esta base es lo suficientemente sólida, los siguientes niveles podrán irse construyendo firmemente. Para lograr un nivel de competencia que permita desarrollar aplicaciones SIG bajo las perspectivas social, científica y tecnológica, se requerirán unos fundamentos teóricos geográficos sólidos, unas capacidades tecnológicas altas y unos conceptos intelectuales críticos sobre la perspectiva social de los SIG.

Un aspecto importante relacionado con el crecimiento económico de los países, tiene que ver con los datos y la información que se tengan de él. El desarrollo va

conjugado con el conocimiento y éste puede adquirirse a través de la información, la cual debería estar organizada de tal forma que pudiese ser accesada, distribuida o vendida, para su mejor aprovechamiento en el entendimiento, análisis y evaluación del mundo actual, empleando la información espacial. Este aspecto es de gran importancia para la educación en SIG, en el marco de la edad digital y de la información en el contexto social.

La estrategia propuesta, plantea desarrollar la formación en SIG de forma progresiva, en el orden mostrado en la Figura No. 1 (de abajo hacia arriba) (Duane, 1998). En los diversos niveles de la



Perspectiva científica y social del SIG

Perspectiva tecnológica del SIG

Fuente: Duane F. Marble, 1997. Modificada por B. Alzate

Figura No. 1 Estrategia de la educación para desarrollo del SIG bajo las perspectivas tecnológica, científica y social.

pirámide, se ubican las tres perspectivas, describiéndose en forma general los tópicos que abarcan. Dentro de los pisos de la pirámide están plasmados los aspectos de las perspectivas científica y social, dependiendo del nivel de competencia; fuera de la pirámide, se plasman los aspectos tecnológicos que se vinculan con los otros dos. En otras palabras, el aspecto tecnológico (a la derecha de la pirámide) se muestra como la materialización de lo que se piensa y se encuentra vinculado a los elementos científicos y sociales (dentro de los pisos de la pirámide).

A continuación se describe cada nivel (Duane, 1998):

Elementos básicos: la fundamentación

En la base de la pirámide se observan los elementos básicos de su fundamentación. Éstos representan las unidades de conocimiento que el individuo debe poseer antes de que pueda emplear en forma adecuada el SIG. Las debilidades al dominar los elementos básicos conllevan a errores y al uso ineficaz de la tecnología de los SIG.

Desde la visión científica, con este nivel se cubren los tópicos relacionados con los principios básicos de la ciencia de la información geográfica y algunos conceptos geográficos que ésta abarca, tales como, la percepción del

mundo en términos espaciales, posicionamiento de elementos en la tierra, relaciones espaciales y abstracción del mundo real. Otro tópico importante es el desarrollo del "pensamiento espacial". Este último es uno de los ladrillos más críticos en la construcción de la base de la pirámide y se refiere a la habilidad del individuo para identificar los componentes espaciales activos de cualquier problema dado.

Algunos tópicos de la geografía, que además constituyen la base teórica fundamental de los SIG, se describen a continuación:

Los SIG y la Geografía

La geografía es claramente una de las disciplinas que le da más fundamento al SIG, debido a su habilidad para comprender y combinar los fenómenos geográficos, lo cual es parte de su estudio. Las representaciones espaciales conforman un aporte fuerte en la educación geográfica, así como también, el entendimiento de los procesos que afectan el paisaje geográfico (Goodchild 1995).

Muchos autores de trabajos sobre SIG, por lo general, realizan sus análisis en términos de observaciones de una colección de datos y pruebas, sin considerar los debates teóricos sociales y disciplinarios de las últimas dos décadas, compartidos por algunas

áreas del saber geográfico y los cuales direccionan los impactos intelectuales, sociales y políticos sobre la tecnología del SIG.

La discusión de los SIG en Geografía, abarca dos tópicos: el primero muestra el SIG como algo totalmente práctico, en cuyo caso, las interpretaciones giran en torno a preguntas sobre la metodología y la técnica; el segundo, se centra en los efectos de los SIG sobre la dialéctica socioespacial, el poder/conocimiento y el impacto de la información en los sectores social y político. En este aspecto, tendrían que ser analizadas, desde una perspectiva geográfica, no solamente las posibilidades y restricciones internas del SIG, sino las reconfiguraciones de lo social, económico, político y disciplinario que el surgimiento de tecnologías electrónicas, como el SIG, están trayendo.

Las perspectivas geográficas son fundamentales para una comprensión de la interacción entre ambientes locales y globales, como el acoplamiento entre los procesos físicos en el subsuelo, atmósfera y océano y sus interacciones con el mundo humano; o también para la integración de procesos y políticas sobre condiciones de límites geográficamente variables. Como tal, esas perspectivas pueden ofrecer enfoques para la solución de algunos de los problemas urgentes de la sociedad, los cuales apoyados en

tecnologías como los SIG, pueden ser manejados más fácilmente.

Aunque solo se puede participar en forma indirecta en la solución de problemas de hambre global, desempleo, o crimen, cada uno de estos problemas proporciona un contexto en el que las tecnologías de la información geográfica pueden jugar un papel importante (NCGIA, 1995).

Desde la perspectiva tecnológica, serán necesarios aspectos de cartografía básica (ej., nociones de escala, proyecciones, elementos de diseño de mapa) y de computación (conceptos de programación, métodos de organización de los datos, etc.).

El primer nivel: usos rutinarios de la tecnología de los SIG, vinculados a la medición y representación de los fenómenos y procesos geográficos

En este nivel, desde la perspectiva científica, cabe el dominio de temas relacionados con la determinación de los marcos de medición de los fenómenos geográficos y la representación de estos fenómenos (Chrisman, 1997). En este también se incluye una introducción al análisis espacial

Desde la perspectiva tecnológica, una vez que el individuo adquiere un dominio de los aspectos de la fundamentación podrá hacer

uso eficaz de los componentes básicos de un SIG, accediendo funciones del software SIG desde la barra de herramientas de la interfaz, manejándolas y entendiéndolas sin demasiado esfuerzo. Un componente crítico de instrucción a este nivel, debe ser el desarrollo de un conocimiento de las capacidades completas de la tecnología de los SIG.

El segundo nivel: Operaciones y transformaciones del modelamiento espacial. Uso de aplicaciones creadas por otros

Después del nivel anterior, es necesaria la inyección de una cantidad significativa de educación y entrenamiento. Aquí el individuo será preparado para realizar modelamiento espacial, empleando operaciones y transformaciones de un nivel complejo, sobre las representaciones realizadas de los fenómenos y procesos geográficos.

Desde la visión tecnológica, con el fin de materializar estos aspectos, el individuo requerirá una fundamentación de programación básica, así como un entendimiento de sistemas de bases de datos. Los individuos que operan a este nivel deberán ser capaces de llevar a cabo sus propios modelos dentro del alcance de la tecnología de los SIG o usar aquellos abarcados por aplicaciones ya desarrolladas.

El tercer nivel: Creando aplicaciones en lugar de usarlas

El siguiente nivel comprende el diseño y desarrollo de aplicaciones SIG. Aquí el individuo debe estar en capacidad de diseñar y llevar a cabo aplicaciones sencillas, las cuales involucren elementos avanzados de tecnologías de la información geográfica en la sociedad y componentes sustanciales de análisis y modelamiento espacial. Estas deberán considerar, en forma acertada, los objetivos del contexto social, cultural e institucional de la situación que se esté manejando.

Con el fin de materializar estos aspectos, varios elementos de informática, como programación, ingeniería de software y sistemas de bases de datos avanzados son críticos.

El cuarto nivel: tecnología de los SIG en un nuevo contexto

En este nivel se tendrá la capacidad de diseñar y desarrollar sistemas SIG, manejando el esquema organizacional más adecuado. Deberán abordarse los problemas, teniendo en cuenta los objetivos complejos que provee el contexto social, cultural e institucional de cada situación y, al mismo tiempo, las consideraciones relacionadas con el impacto del desarrollo del SIG para este mismo contexto.

Los individuos, a este nivel, estarán especializados en análisis de

sistemas de alto nivel y su preocupación profesional primaria estará en la implementación de la tecnología de los SIG en situaciones complejas donde no se ha utilizado previamente. El profesional deberá ser muy competente en todos los elementos contenidos en los niveles más bajos.

Para materializar estos aspectos, los individuos, que operan a este nivel, requerirán un trabajo intensivo en todas las formas de análisis y diseño de sistemas, incluyendo el diseño de bases de datos y el diseño de interfaz de usuarios. Deberá desarrollar sus habilidades de programación, aunque éstas no tienen que ser de un nivel profesional.

La punta de la pirámide: Investigación sobre SIG y desarrollo de nuevas Herramientas

En la cima de la pirámide se encuentra un grupo relativamente pequeño de individuos inmersos en el empleo del SIG y las actividades de desarrollo e investigación sobre el SIG o con SIG, muy entrenados en los aspectos de la geografía que emplea el SIG, así como también, en el análisis espacial y los aspectos informáticos necesarios para desarrollar un sistema SIG.

En la práctica, ellos son capaces de crear nuevos enfoques y

algoritmos analíticos como parte de nuevas herramientas de software.

Estos individuos deben ser capaces de entender completamente cualquiera de las muchas actividades asociadas con los niveles más bajos de la pirámide. Ellos son de muy escaso suministro hoy en día y sus contribuciones son críticas para el continuo crecimiento y desarrollo de la industria de los SIG. Aquel es quizá el único grupo capaz de integrar eficazmente la tecnología de los SIG dentro de la investigación geográfica y de usarla para hacer adelantos mayores en el conocimiento de la estructura espacial de la sociedad.

En este nivel de la pirámide se maneja un nivel tecnológico alto, sin perder la perspectiva social y científica que acompañan al SIG, que se desarrolla basado en un esquema conceptual sólido, que toma en consideración el contexto en el cual la gente desarrolla su trabajo y la influencia que éste tiene sobre las estructuras institucionales y culturales.

Los problemas estructurales

Hoy, muchas instituciones están ofreciendo sólo un curso introductorio en SIG, a menudo enseñado por individuos cuyo nivel de competencia es sólo modestamente más alto, que el de los estudiantes en su clase y quienes

equivocadamente lo enfocan a entrenamiento de software.

Desde el punto de vista tecnológico, la base se ha ensanchado enormemente, mientras que los otros niveles, en la medida que se asciende, van haciéndose más estrechos. Esto es reflejo del problema que se planteaba, en relación con cursos introductorios SIG, que propician un uso limitado de la herramienta, sin que se desarrollen todas sus capacidades. A su vez, puede observarse el número actual de profesionales en cada nivel de competencia, donde para los más altos, este número es cada vez más reducido.

Para las perspectivas científica y social de los SIG, el problema radica en que la base, que es el fundamento de todo el esquema, debe construirse con un entendimiento profundo espacial de los elementos del mundo real, propiciando unos conceptos intelectuales críticos que permitan el desarrollo de aplicaciones SIG las cuales consideren, en forma integrada, los contextos geográfico y social. Esto no se cumple, pues en la mayoría de casos, es solamente la parte computacional la que se enseña en este nivel fundamental; dando como resultado una base poco sólida y por ende un conocimiento tambaleante de estos aspectos en el resto de los niveles de la pirámide.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Es una necesidad mejorar significativamente el nivel tecnológico, científico y social actual de la educación de los SIG. Primero, se debe adaptar la presentación de los programas de educación de los SIG, de tal forma que se incluyan tanto los fundamentos básicos como las capacidades completas de la tecnología. Se debe dejar atrás la idea de que la educación en SIG es el dominio de comandos de software, pasando a una educación en SIG, la cual consista en adquirir, de manera clara, una serie de conceptos intelectuales críticos. Se debe también asegurar que aquellos que enseñan los cursos introductorios de SIG, sean profesionales competentes que entiendan completamente la estructura esencial de la tecnología.
2. Para lograr el desarrollo de aplicaciones y sistemas SIG bajo la consideración de las perspectivas tecnológica, científica y social, será indispensable que se inicie el cambio del esquema educativo, el cual deberá incluir dentro de sus prioridades, la construcción de una base conceptual que sirva de fundamento científico y social a los especialistas en SIG, para lograr de esta forma, un nivel de competencia acorde

- con las necesidades que cada situación exija.
3. La educación en SIG entonces, estaría orientada hacia la fusión de los aspectos de la geografía - informática. Esto permitiría su aplicación adecuada, oportuna y confiable, garantizando una alta explotación de la herramienta y su empleo óptimo en cada contexto sociocultural e institucional analizado.
 4. Es perentorio que los profesores en SIG hagan parte de una comunidad académica, en la que se comparta y proyecte verdaderamente el saber por medio de publicaciones, actualizaciones, seminarios, cursos y otros.
 5. Con respecto a los niveles superiores de la pirámide, se deberá velar por que el profesional en SIG alcance una formación en los tópicos de la ciencia de los computadores y la ciencia de la información geográfica dentro de los SIG. Al mismo tiempo se deberán reestructurar las actividades educativas del SIG, de tal forma que la competencia, en ambos campos, sea alcanzada. Esto implica que habrá cursos avanzados en SIG, que motiven la investigación científica y social sobre éstos, los cuales sean además altamente técnicos. Educar implica despertar en el estudiante un espíritu crítico, un interés por buscar salidas, caminos y soluciones a problemas de distinta índole.
 6. La noción de un currículo debe ir más allá de un intento simple por especificar el contenido de asignaturas introductorias, debe consistir en un examen del espectro entero de los cursos requeridos para apoyar una educación de los SIG adecuada en cada nivel de la pirámide. Se deberá tener una idea firme de qué sucesión específica de cursos deberá adoptarse por una variedad de individuos.
 7. Para abandonar el esquema piramidal y tender hacia un esquema rectangular, con niveles sólidos, que partan de una base bien construida, se requieren entonces más profesionales competentes, con capacidades para considerar en forma integrada las tres perspectivas: científica, social y tecnológica de los SIG.

BIBLIOGRAFÍA

- Michael F. Goodchild, David M. Mark, Max J. Egenhofer and Karen K. Kemp. 1997. *National Center for Geographic Information and Analysis*. Santa Barbara CA, Buffalo NY and Orono ME, USA. Paper prepared for the Proceedings of the Joint European Conference and Exhibition on Geographical

Information, held in Vienna, Austria, April 16-18, 1997.

NCGLA 1995. Advancing geographic information science. A proposal to NSF by NCGIA.

Duane F. Marble. Urgent Need for GIS Technical Education. Rebuilding the top of the pyramid. Department of Geography, Ohio State University. *ESRI news*, Spring 1998 ARC NEWS.

Chrisman Nicholas 1997. *Exploring Geographic Information Systems*. New York : John Wiley & Sons.

Pickles John 1995. *Ground Truth. The social implications of Geographic Information Systems*. New York : The Guilford Press.

Erie County Water Authority 1997. *GIS development guide*. New York.

Jerome E. Dobdon 1993. The geographic Revolution: A Retrospective on the Age of Automated Geography. Oak Ridge National Laboratory. *Professional Geographer*, 45(4): 431-439.

Karen K. Kemp, Michel F. Goodchild and Rustin F. Dodson. M. 1993. Teaching GIS in Geography. *Professional Geographer*, 44.

NCGLA 1998. *The NCGLA Core Curriculum in GIScience*.

