



Fotografía: Tortuga Caná
(*Dermochelys coriacea*)
por John Bairon Ospina

*Artículos sobre
otros temas de
Investigación
Ambiental*

Los retos de la enseñanza de los sistemas de información geográfica

integrados a la gestión del medio ambiente y los recursos naturales

Recibido para evaluación: 12 de Marzo de 2008

Aceptación: 25 de Noviembre de 2008

Recibido versión final: 15 de Diciembre de 2008

John Escobar¹
Teresita Betancur²
Carlos Alberto Palacio³
Rafael Darío Muriel⁴

RESUMEN

Desde su aparición hasta su integración social, toda innovación tecnológica pasa por una serie de etapas en las cuales la educación superior, especialmente a nivel de posgrado, contribuye a alcanzar el éxito y la adopción social con mayor prontitud y efectividad.

Un ejemplo de lo anterior son los Sistemas de Información Geográfica, SIG, que tienen la potencialidad para constituirse en herramientas y metodologías para abordar la solución de problemas prácticos que involucran análisis espaciales complejos, como los relacionados con las áreas de los recursos naturales y la gestión ambiental.

La capacitación y el entrenamiento de los usuarios de esta tecnología encarnan entre otros, tres retos principales:

- El desarrollo del pensamiento espacial,
- El desarrollo de las competencias en el diseño y aplicación de este instrumento como plataforma de apoyo en el análisis de problemáticas ambientales y de los recursos y, finalmente,
- La identificación de las estrategias que permiten la articulación de esta tecnología en entornos corporativos y de proyectos.

La Universidad de Antioquia en su Facultad de Ingeniería, e inicialmente en convenio con la Facultad de Educación, desarrolla la Especialización en Medio Ambiente y Geoinformática, disponiendo actualmente de un plan de formación basado en momentos que parten de la construcción de un lenguaje común y la adopción de instrumentos conceptuales y técnicos; luego busca la conciliación de instrumentos y métodos, para finalmente incursionar en la praxis de la gestión ambiental apoyada en la geoinformática. Este artículo da cuenta de esta experiencia institucional.

PALABRAS CLAVE: Gestión del medio ambiente, Recursos naturales, SIG, Modernización curricular.

ABSTRACT

The Geographic Information Systems, GIS, have the potential to become tools and methodologies for the solution of practical problems that involve complex spatial analyses, like the associated with natural resources and environmental management areas.

The university, with its postgraduate programs, can help with the social adaptation processes for this new technology and can contribute to achieve the success sooner and with more effectiveness. To do so, three main challenges must be reached in the users of this technology: first, a spatial thinking; second, skills to design and to make use of this instrument as supporting in environmental and natural resources analyses; and finally, the identification of strategies to use this technology in projects and corporative surroundings.

The Antioquia University in its Engineering Faculty (at first, in agreement with the Education Faculty) developed a Specialization in Environment and Geoinformatic. In this, the curriculum is worked in three moments (one for each challenge): first, a moment to building a common language and to adopting conceptual and technical instruments; second, a moment to put together instruments and methods; and finally, a moment to make the practical application of the environmental management supported in the geoinformation spatial systems. This article gives account of this institutional experience.

KEYWORDS: Natural resources management, Environment, GIS, Curriculum modernization.

1. Msc, Universidad de Antioquia¹
2. Msc, Universidad de Antioquia.
3. MSc., Vicedecano de la Facultad de Ingenierías, Universidad de Antioquia
4. MSc. Universidad de Antioquia

jfescob@yahoo.com

1. INTRODUCCION

Toda innovación tecnológica supone una evolución desde su aparición hasta que es integrada exitosamente en la cotidianidad de las sociedades; según Curran (2006), esta génesis puede sintetizarse en las siguientes etapas:

- **Creación:** La innovación surge en un centro de investigación, en grupos relativamente cerrados, en los cuales la experimentación, el ensayo y el error muestran las potencialidades y los limitantes de los nuevos desarrollos.
- **Contagio:** las experiencias muestran como las innovaciones pueden adaptarse para encontrar soluciones a necesidades y problemas existentes, lo que motiva su divulgación y enriquecimiento por otros grupos especializados.
- **Coordinación:** las aplicaciones más prometedoras gradualmente ganan aceptación y son desarrolladas interdisciplinariamente. La coordinación ayuda a incrementar el alto potencial de la innovación y disminuye los costos de aplicaciones futuras.
- **Integración:** las innovaciones son aceptadas e integradas dentro de las tareas rutinarias de un grupo social e incluso por la sociedad misma.

Ejemplos de este desarrollo son los casos de la utilización de computadores personales, la telefonía celular o el Internet que, en muy pocos años, pasaron de los centros de investigación y grupos especializados a ser dispositivos e insumos de la sociedad en general. En este mismo contexto, se pueden enmarcar los Sistemas de Información Geográfica, SIG (GIS, en inglés), los cuales, día a día, se posicionan como herramientas versátiles en la comprensión y gestión de problemáticas y proyectos de diversa índole.

Los Sistemas de Información Geográfica se han desarrollado, en gran medida, como respuesta a la necesidad de representar y analizar los fenómenos del mundo real por parte de las diferentes ciencias y disciplinas que abordan el espacio geográfico como objeto de estudio; este desarrollo puede sintetizarse en cinco acciones que describen su desarrollo histórico, a saber:

Representar: Constituye la primera etapa de desarrollo de los SIG en la cual su función principal se orientaba a la representación digital de la cartografía convencional. En esta etapa, se avanza en las interfaces y utilidades asociadas al dibujo asistido por computador (CAD, de su sigla en inglés)

Medir: Esta etapa se caracteriza por la integración de los modelos matemáticos que permiten obtener una buena analogía del mundo real siguiendo las reglas, estándares y modelos aportados por la cartografía, la geodesia, la geografía y la agrimensura.

Entender: Esta etapa es representada por un salto cualitativo en el análisis del espacio geográfico y de ella se derivan los desarrollos que intentan estudiar los elementos y fenómenos espaciales como «sistemas» que sobrepasan la simple agregación de capas de información.

Modelar: Se aborda la integración de datos y modelos, buscando obtener no sólo su representación visual, sino también las dinámicas asociadas a la interacción espacial de los elementos y variables bajo estudio.

Simular: Se concreta en la tendencia actual que busca obtener escenarios de predictibilidad de la génesis de un territorio sometido a las dinámicas naturales y a las acciones antrópicas a través de la búsqueda de respuestas a la pregunta «Qué pasaría sí?», en diferentes ámbitos.

La génesis de los SIG ha guardado sincronía con los desarrollos informáticos, tanto en el ámbito del software como del hardware, ya que son ellos los que han permitido abordar procesos de análisis cada vez más complejos con la integración de más variables y mayores volúmenes de datos.

Una parte importante de este proceso y, por qué no decirlo, su motor, son los programas de formación de posgrado en SIG, integrados a la gestión del medio ambiente y los recursos naturales, los cuales, por su objeto de estudio, coinciden en sus objetivos con el siguiente



postulado de Solleiro (1995): «El nuevo escenario de la coyuntura histórica de las naciones y la nueva función social del conocimiento sugieren la necesidad de reconsiderar las relaciones de la universidad con la sociedad en general. En este ambiente, se espera que la universidad no sólo forme profesionales, sino que contribuya a la creación de comunidades científicas capaces de convertir el saber en instrumento de desarrollo de la sociedad, que adapten los modelos teóricos y tecnológicos generados en la comunidad científica internacional, y que propongan nuevos enfoques y tecnologías pertinentes al desarrollo del país».

Con esta premisa, se exponen las experiencias de los Posgrados de Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, buscando explicitar los retos que emergen en la transferencia de conocimientos de esta disciplina y las dificultades inherentes a su vinculación con otras disciplinas.

2. DISCUSION

Desde el punto de vista de la psicología cognitiva (EDUTEKA, 2005), el pensamiento espacial constituye una parte importante de la cognición en general, y hace referencia a los procesos a través de los cuales las personas perciben, almacenan, recuerdan, crean, editan y comunican imágenes espaciales. Esta forma de pensamiento permite a las personas generar «significados» mediante la manipulación de imágenes del mundo en el que viven y de aquellos mundos que se originan en sus propias mentes (Montello, 2005). El pensamiento espacial está directamente relacionado con propiedades espaciales del mundo, tales como localización, tamaño, distancia, dirección, forma, patrones, movimiento y relaciones espaciales entre objetos, tanto en ambientes estáticos como dinámicos (Osberg, 2005).

Son varias las habilidades del pensamiento espacial que se requieren en el aprendizaje de la geografía:

- Trasladar mentalmente un objeto de tres a dos dimensiones (cambio de escala, translación y rotación);
- Tener conciencia de propiedades de distancia (adyacencia, proximidad, vecindad.);
- Comprender orientación y dirección; usar marcos de referencia (sistemas coordenados);
- Realizar asociaciones geográficas de espacio (jerarquización, patrones de densidad y uso); y
- Tener habilidades para la lectura de mapas, entre otras.

Estas habilidades se enmarcan en tres dimensiones, que de acuerdo a muchos autores conforman el pensamiento espacial: la visualización espacial, la orientación espacial y las relaciones espaciales.

En la era de la informática, se convirtió en una tendencia natural a tratar de reproducir el mapa analógico por medios computacionales; así, es normal encontrar que el SIG, constituido por un ensamble de mapas y datos operados a través de un conjunto de hardware y software, es el resultado deseado.

Si uno de los propósitos de las nuevas tecnologías es alcanzar la etapa de integración y, si a través de la educación superior, ello se logra a nivel de posgrado y pensando en el caso específico de los SIG surgen en principio tres retos:

1. El primer reto está directamente relacionado con los procesos de enseñanza- aprendizaje que permitirán al estudiante potenciar y/o desarrollar el pensamiento espacial a través de analogías de la realidad basadas en entidades que son mediciones o estimaciones de la manifestación de un fenómeno del mundo real, las cuales se conjugan con métodos de interpretación y análisis provenientes de diversas disciplinas de la ciencia, para obtener un modelo, entendido éste como una interpretación simplificada de la realidad, en el cual interactúan diversas reglas de interpretación, planeación y decisión, acordes con los propósitos de un estudio determinado.



2. El segundo reto surge del campo de aplicación específico de la geoinformática al campo de la gestión ambiental y de los recursos naturales, lo cual puede conducir a cierto grado de confusión en el «cómo» se estructura este instrumento.

Teniendo en cuenta que la gestión ambiental responde al «cómo y al qué hacer» para conseguir lo planteado por el desarrollo sostenible, es decir, para conseguir un equilibrio adecuado para el desarrollo humano, el crecimiento económico, el crecimiento poblacional, el desarrollo tecnológico, el uso racional de los recursos naturales y la protección y conservación del ambiente social y natural, es deseable que el instrumento que servirá de apoyo a uno o más análisis, permita como mínimo: obtener una representación de las variables síntesis que interactúan en un sistema natural, consolidar un modelo que interprete las dinámicas presentes en el sistema y disponer de un instrumento que permita modelar escenarios futuros.

En este sentido la aplicación de un instrumento como los SIG orientados a la interpretación, planeación y apoyo a la toma de decisiones, parte de la consideración que los objetos de actuación son sistemas donde sus relaciones no pueden aislarse o fraccionarse.

La Figura 1 representa una propuesta del diagrama de flujo de este proceso que puede coadyuvar a disminuir la confusión en el establecimiento de este tipo de instrumentos.

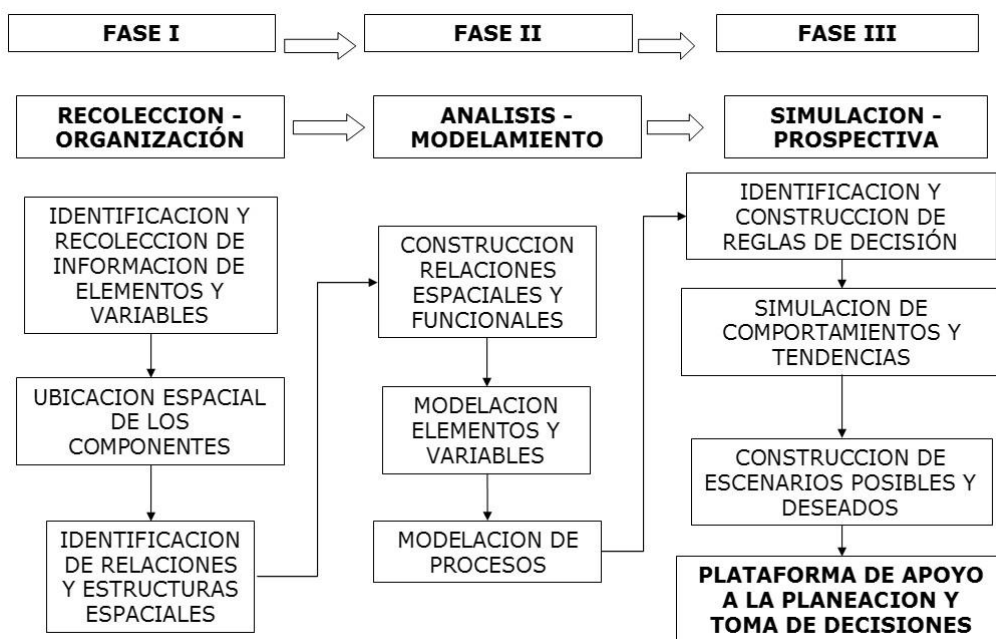


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de implementación de un SIG en la interpretación, planeación y apoyo a la toma de decisiones en la gestión del ambiental y de los recursos.

Una explicación sucinta de este proceso puede visualizarse de la siguiente manera:

Fase 1. Recolección y organización de la información. Consiste en la aplicación de las técnicas convencionales de representación y analogía del territorio y estaría constituida por:

- La identificación y recolección los elementos y variables que constituirán el eje de construcción de la información geoespacial, la cual se basa en la información básica y temática de uso habitual en procesos de análisis territorial.
- La ubicación espacial de los componentes, de tal forma que estos correspondan con el sistema de proyección geográfica seleccionada para el estudio.
- La identificación de relaciones, fundamentada en asociaciones tabulares y espaciales.

Fase 2. Análisis y Modelación. Esta fase busca obtener una representación simplificada de la realidad con la mínima pérdida de información, basándose en la construcción de modelos que sinteticen los elementos, las variables y los procesos que ocurren en el territorio. En este sentido, es necesario aclarar que un modelo es más que la simple agregación de los elementos; por ejemplo, una cuenca hidrográfica no puede ser expresada solamente por las redes de drenajes, las curvas de nivel y una poligonal que la acota geográficamente; que incluye, además, los procesos que allí ocurren como son la precipitación, la escorrentía superficial y subsuperficial, la interceptación y la evapotranspiración debida a las coberturas, la captación de aguas que hacen los usuarios, la inyección de componentes exógenos y la transformación o reciclaje de los endógenos, entre muchos otros. Las acciones que permiten consolidar esta fase son:

- La construcción de relaciones espaciales y funcionales con lo cual se busca, a partir de modelos de análisis numérico, estadísticos o booleanos, establecer las relaciones entre los elementos que representan un territorio o espacio geográfico. Por ejemplo: ¿Cuál es la pendiente media en un área de estudio, ó cuáles predios, y en qué fracción, son afectados por un proyecto determinado?
- Modelamiento de elementos y variables que no tienen una expresión espacial explícita. Con ello se busca integrar aquellos fenómenos que a pesar de ser continuos, son medidos en forma discreta. Dos ejemplos de este tipo de problemas son:
 - Las precipitaciones, las cuales a lo largo de un periodo de observación tienen un comportamiento continuo que se mide a través de un muestreo discreto (estaciones) y se representa a través de otro modelo discreto como son las isoyetas y
 - Los fenómenos asociados a la contaminación atmosférica, los cuales se miden a partir de datos discretos de emisión y muestreo y se representan por isopleas de concentración, en una aproximación al comportamiento real que corresponde a un fenómeno de decaimiento en el cual la velocidad del agente transportador (aire), la concentración y la dinámica de la partícula son modelados a través de la ecuación de Gauss.

El modelamiento de procesos que busca consolidar la integración del sistema a través de la representación de las variables motoras y los procesos que en él actúan,

- considerando que éstos son dinámicos en el tiempo y en el espacio geográfico. Un ejemplo de esto puede verse en el modelamiento atmosférico en el cual las condiciones en un tiempo t dependen de las interacciones zonales entre el suelo, las coberturas y la atmósfera; pero ellas pueden ser distintas en el tiempo $t+1$; sin embargo el proceso puede ser representado por funciones de probabilidad cuyos resultados son útiles para los análisis que van desde la planeación de la producción agrícola hasta el establecimiento de sistemas de alerta temprana en la prevención de desastres.

Fase 3. Simulación prospectiva. Constituye la fase más avanzada de los sistemas informáticos georreferenciados y busca consolidar los sistemas de información geoespacial como herramientas de apoyo a la planeación y toma de decisiones, considerando el conocimiento del territorio y la gestión ambiental a través de escenarios. Las acciones involucradas son:

- La identificación y construcción de reglas de decisión con el objetivo de integrar el ejercicio conceptual e intelectual del decisor en la selección de alternativas, considerando múltiples objetivos que están en conflicto. Por ejemplo: la decisión óptima para mitigar una amenaza puede ser económicamente inviable. El logro en la construcción e integración de reglas de decisión requiere la construcción de modelos computacionales basados en sistemas expertos, inteligencia artificial y lógica difusa que incluyan, además de la información existente, el conocimiento acumulado sobre el territorio.
- Simulación de comportamientos y tendencias en diferentes escenarios en la búsqueda de encontrar y evaluar, con anticipación, los efectos de las acciones, las estrategias y/o las políticas de intervención. Por ejemplo: ¿Cuáles son los escenarios tendenciales, probables y/o deseados, en la recuperación de zonas degradadas frente a diferentes políticas de gestión? Esta acción requiere la integración de los modelos desarrollados en la fase 2 y los sistemas de simulación y toma de decisiones concebidos por las disciplinas científicas involucradas en la selección de un modelo de desarrollo o intervención.



3. El tercer reto que proviene del segundo, se encuentra casi como una constante en los profesionales que se convierten, a nivel de posgrado, en el público estudiantil y es su necesidad de «aprender y saber hacer», es decir, encontrar cómo los conocimientos adquiridos pueden ser integrados en su actividad profesional o vocacional de tal forma que coadyuven y optimicen los análisis encaminados a los procesos de gestión.

En este sentido existen muchas hipótesis, técnicas y metodologías orientadas al encuadramiento funcional de los SIG en la gestión corporativa y de proyectos, pero en la mayoría de ellos suele cumplirse que:

- Los SIG hacen parte de la estrategia tecnológica de las instituciones públicas o privadas, o de los individuos encargados de la gestión.
- Los SIG no son un problema meramente informático, sino ensamblajes de datos y métodos provenientes de diferentes áreas del conocimiento; por lo tanto, su diseño y desarrollo deben estar sustentados en el trabajo interdisciplinario.
- No obstante lo anterior, el montaje y operación de un SIG requieren un soporte informático importante y por lo tanto, es necesario cumplir con las técnicas, métodos y estándares de estas tecnologías.
- Consecuentemente, un SIG responde a las necesidades y objetivos que motivan su creación; por lo tanto, más que la plataforma tecnológica, el punto de partida de estos sistemas es la determinación de las necesidades, objetivos y requerimientos del sistema en operación.

El SIG no elimina, ni reemplaza la competencia de las diversas disciplinas involucradas en la gestión ambiental y de los recursos, sino que instrumenta y fortalece estas disciplinas; por lo tanto, se requiere como mínimo el establecimiento de un lenguaje común y el fortalecimiento de los profesionales involucrados en los elementos conceptuales ligados a la comprensión del

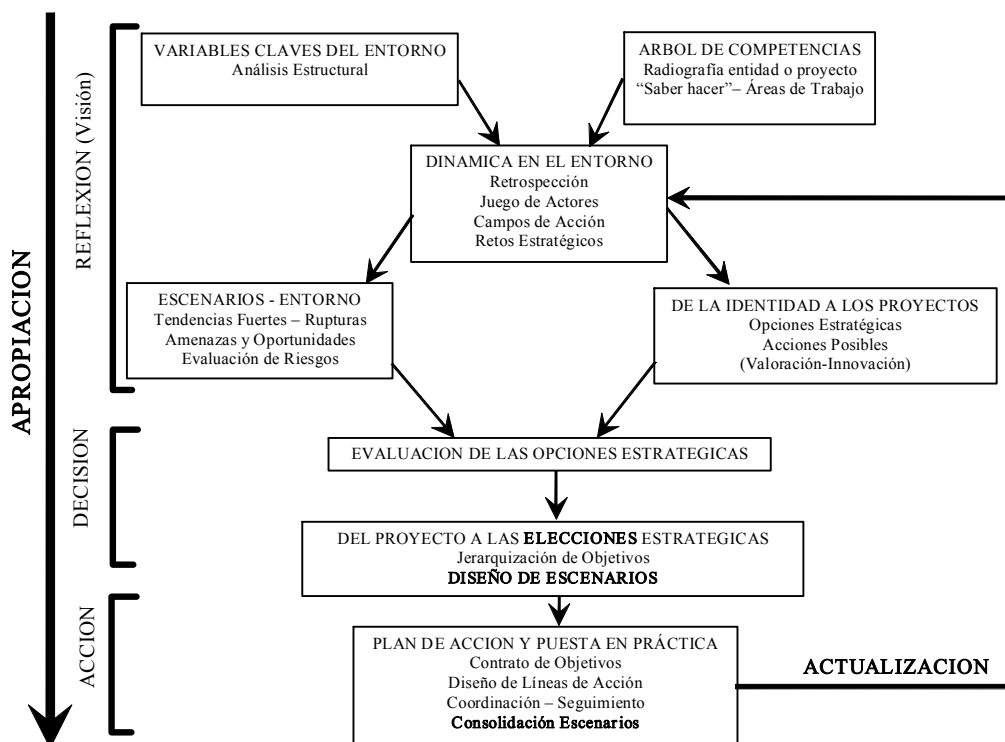


Figura 2. Esquema de implementación de un SIG a nivel corporativo y de proyectos.

espacio geográfico, como son la geodesia, el análisis espacial soportado en vectores y matrices, las bases de datos georreferenciadas, la programación básica y la geoestadística entre otras.

Una propuesta de cómo se insertan los SIG en una estructura corporativa o de proyectos se esquematiza en la Figura 2, y parte del hecho de que el SIG como instrumento debe responder a las expectativas y procesos de la organización o al proyecto específico, sin que esto involucre, necesariamente, que las experiencias de una implementación no puedan ser utilizadas en otros proyectos o instituciones, e incluso ser integradas en la cultura organizacional.

El primer paso en este proceso de inserción está dado por una reflexión que permita construir la visión del sistema: aquí debe hacerse una caracterización de las variables claves del entorno, es decir: determinar cuáles son los requerimientos que debe cumplir el sistema a la luz de los estándares y la normatividad existente, con una mirada hacia afuera. Sincrónicamente, debe determinarse el árbol de competencias y áreas de trabajo, de la entidad o grupo de trabajo involucrado en el proyecto, es decir que, desde una mirada hacia adentro, se debe definir los saberes y falencias en éstos, de acuerdo a las necesidades del sistema y el entorno.

La confrontación de estos dos aspectos permitirá definir cuál debe ser la dinámica del sistema, entendido en los términos ya explicados, y a partir de allí, definir cuál es el conocimiento acumulado? Qué rol juegan los diferentes actores? Cuáles son sus campos de acción? Y qué problemáticas deben dilucidar?

La respuesta a estas inquietudes permite construir una «identidad del sistema», la cual será insumo en un nuevo juego de miradas hacia adentro y hacia afuera, es decir como el futuro sistema operaría en el entorno de acuerdo a las tendencias y posibles rupturas, sus amenazas y oportunidades y los posibles riesgos en que se incurriría. Un ejemplo de esta valoración sería: el sistema está abierto a la WEB y a los dispositivos móviles? Los posibles usuarios potenciales tienen acceso a estos dispositivos? Es asequible la tecnología requerida en la manutención de la integridad y seguridad del sistema? Es adecuado el periodo de vida del proyecto?, etc. Sincrónicamente se dará una evaluación de cómo la identidad se refleja en el proyecto, a través de la identificación de cuáles son las opciones estratégicas para la implementación (ejemplo: entorno WEB vs. Aplicaciones de escritorio)? Cuáles son las acciones requeridas para lograr ese producto que se estima como deseable? Y cuáles son las opciones de valoración e innovación posibles?

Una vez concluida y construida la visión del sistema, se procede a una evaluación de las opciones estratégicas en la consecución del resultado final. Para esto, es importante considerar que es virtualmente imposible que un sistema responda a todos los objetivos con igual pertinencia y eficacia. Por lo tanto los objetivos deben jerarquizarse y consolidarse en términos de posibles, deseados y alcanzables, de acuerdo a restricciones que van desde lo técnico hasta lo económico, pero sin olvidar que el propósito último es que el sistema sea un instrumento de gestión y por lo tanto los objetivos pertinentes deben ser el eje estructural de esta jerarquización.

En síntesis, estas acciones constituyen la fase de decisión, ya que como resultado se obtiene la concepción y diseño del sistema que será puesto en operación, acompañado de un proceso en el cual confluyen el contrato de objetivos, entendido éste como el acuerdo explícito de los gestores, en que el sistema responde a los objetivos planteados, el diseño de líneas de acción, es decir, las funcionalidades que aportará para apoyar la gestión, la coordinación y seguimiento en la operación y, finalmente, la consolidación de un producto tangible, que son los escenarios de aplicación, es decir, el ejercicio de la gestión apoyada en herramientas geoinformáticas.

Sin embargo, éste no es un proceso lineal inmutable, sino más bien un bucle que debe ser reproducido, cada vez que se genere una «perturbación» que modifique las condiciones de concepción o diseño. Por ejemplo: la disponibilidad de nueva información o de una nueva técnica más refinada de análisis y modelamiento, e incluso la implementación de una nueva normatividad.

Los retos mencionados no son todos, pero son algunos de los que se evidencian con más frecuencia en la experiencia de los programas de Gestión del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Acorde con ellos, los Posgrados de Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia han estructurado y adecuado sus propuestas educativas, tratando de responder a las necesidades del medio y a las expectativas del estudiantado. Este esfuerzo ha estado acompañado por la Facultad de Educación, concretamente por el programa de Geografía, con



el cual existe un convenio para el programa de especializaron en Medio Ambiente y Geoinformática, ofertado por la Universidad desde el año 2003, y que actualmente desarrolla la cuarta cohorte.

3. PROPUESTA DE FORMACION

El observatorio laboral del Ministerio de Educación Nacional (SNIES, 2004) referencia nueve programas de posgrado en áreas asociadas a la geoinformática, de los cuales siete se desarrollan en el nivel de especialización y uno en maestría (ver: Tabla 1). De éstos, solo dos se enfocan en la aplicación de esta disciplina científica a los problemas de la gestión ambiental y del manejo de los recursos, aunque la mayoría aborda dentro de sus currículos este campo de aplicación, lo que recalca la importancia de este instrumento. Desafortunadamente esta oferta está concentrada en el centro del país y especialmente en el departamento de Cundinamarca con más del 50% de la oferta.

Tabla 1. Oferta de posgrados en áreas asociadas a la geoinformática.
Fuente: SNIES, 2004

Ciudad	Institución	Programas aprobados	Nivel formación
Bogota.	Universidad Nacional de Colombia	En Geomática	Maestría
Bogota	Fundación Universitaria los Libertadores	En Geomática	Especialización
Bogota	Universidad Antonio Nariño	En Ingeniería de los Sistemas de Información Geográficos	Especialización
Bogota.	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	En Sistemas de Información Geográfica	Especialización
Bucaramanga	Universidad Industrial de Santander	En Sistemas de Información Geográfica	Especialización
Fusagasuga	Universidad de Cundinamarca	En Sistemas de Información Geográfica aplicado a la Gestión del Territorio	Especialización
Manizales	Universidad de Manizales	En Sistemas de Información Geográfica	Especialización
Medellín	Universidad de San Buenaventura	En Sistemas de Información Geográfica	Especialización
Medellín	Universidad de Antioquia	Medio ambiente y Geoinformática	Especialización

Soportados en el enunciado, «Los nuevos currículos combinan orgánicamente ciencia y cultura, docencia e investigación, cultivan en los estudiantes la sensibilidad creativa, permiten su vinculación a la actividad investigativa y fomentan la interdisciplinariedad, al tiempo que se incrementa y fortalece la práctica profesional e introducen las nuevas tecnologías en el modelo de enseñanza (UDEA, 2006)». Los Posgrados de Ambiental elaboraron en el año 2007 una propuesta de modernización curricular de la Especialización en Medio Ambiente y Geoinformática que retoma las lecciones aprendidas y aborda como eje estratégico la solución a los retos mencionados y la integración efectiva de estos instrumentos tecnológicos en el contexto regional y nacional.

Esta propuesta se basa en una estructura de «momentos de formación» (Ver: Tabla 2) en los cuales cada momento permite determinar el grado de transformación alcanzado por el estudiante.

Como respuesta al primer reto, durante el primer momento, hacia la construcción de un lenguaje común y la adopción de instrumentos conceptuales y tecnológicos, se avanza en la construcción de un pensamiento espacial. La conciliación de instrumentos y métodos ofrece, durante el segundo momento, las bases del conocimiento en el uso y posibilidades de la geoinformática; ya en el tercer momento, hacia una praxis de la gestión apoyada en la geoinformática, se esta en capacidad de saber y hacer.

MOMENTO 1. HACIA LA CONSTRUCCION DE UN LENGUAJE COMUN Y LA ADOPCION DE INSTRUMENTOS CONCEPTUALES Y TECNOLOGICOS	
Propósito de Formación	Tópicos de Estudio
<ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento del medio ambiente y los recursos naturales como objeto de estudio y determinación de los procesos y dinámicas inmersos en estos conceptos vistos desde la ecología Identificación de la geografía como lenguaje y herramienta de representación y analogía de elementos y procesos del mundo real Evaluación del desarrollo sostenible como marco teórico y ético del desarrollo en sí mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> Medio Ambiente, Ecología y Recursos Naturales Geografía y Medio Ambiente Socioeconomía Ambiental
<ul style="list-style-type: none"> Compresión del concepto de información geoespacial y su interacción y manejo con los conocimientos provenientes de la geodesia, la cartografía y la geografía Manejo de los Sistemas de Información georreferenciada por medios automatizados Desarrollo de habilidades en la creación, edición y modificación de información espacial, así como en la captura, adecuación e interpretación de nuevos datos espaciales 	<ul style="list-style-type: none"> Cartografía y Geodesia Sistemas de Información Geográfica Manejo de Datos Espaciales Digitales Fuentes de datos espaciales y sensores remotos
<ul style="list-style-type: none"> Adquisición de herramientas Metodológicas, técnicas y procedimentales de Gestión Adquisición de bases teóricas, metodológicas y técnicas usadas en la formulación, diseño, implementación y actualización de planes de ordenamiento territorial 	<ul style="list-style-type: none"> Gestión Ambiental Ordenamiento Territorial
MOMENTO 2. CONCILIANDO LOS INSTRUMENTOS Y METODOS	
Propósito de Formación	Tópicos de Estudio
<ul style="list-style-type: none"> Concepción de la estadística espacial como herramienta de análisis de fenómenos variables en el tiempo y en el espacio geográfico Desarrollo de competencias en el diseño de bases de datos espaciales para la gestión ambiental y territorial Adquisición de habilidades en el diseño e implementación de Sistemas de información Geográfica orientados al análisis de problemas e identificación de alternativas y estrategias de gestión Adquisición de técnicas, métodos y modelos de análisis de fenómenos complejos espacialmente distribuidos 	<ul style="list-style-type: none"> Bases de datos espaciales Geoestadística Modelamiento espacial
<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de competencias en el manejo de técnicas de análisis multicriterio en la determinación de soluciones a problemáticas ambientales y de selección de alternativas Conocimiento de los aspectos técnicos, administrativos y económicos asociados a la integración de valor y conocimiento sobre la información espacial 	<ul style="list-style-type: none"> Los SIG y la planeación Análisis multicriterio con SIG Valorización de la Geoinformación SIG Corporativos y de Proyectos
MOMENTO 3. HACIA UNA PRAXIS DE LA GESTION APOYADA EN LA GEOINFORMATICA	
Propósito de Formación	Tópicos de Estudio
<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de competencias en la formulación y adecuación de técnicas y métodos para representación de fenómenos complejos Capacitación en el diseño y desarrollo de SIG orientados al uso público usando herramientas WEB y opensource 	<ul style="list-style-type: none"> Modelos Complejos con SIG Los SIG públicos
<ul style="list-style-type: none"> Adquisición de capacidades en la integración, usando la disciplina de la geoinformática, de nuevas teorías y métodos asociados a la sostenibilidad Integración de propuestas tendientes a instrumentar el Ordenamiento Ambiental Territorial, eourbanismo y la ciudad sostenible como metodologías vigentes en el mundo actual 	<ul style="list-style-type: none"> La sostenibilidad fuerte Ordenamiento Ambiental Territorial

Tabla 2. «Momentos» en la enseñanza de los SIG aplicados a la gestión en los Posgrados de Ambiental de la Universidad de Antioquia.

Esta propuesta se desarrolla en dos semestres y es extensible a otras áreas del conocimiento y la gestión, partiendo del hecho de que los instrumentos que permiten el análisis georreferenciado de problemáticas espaciales, se enmarcan en el concepto de instrumentos para la vida y el trabajo y, en ese sentido, hacen parte de las herramientas que los estudiosos y gestores del territorio deben integrar en su ejercicio profesional o personal.

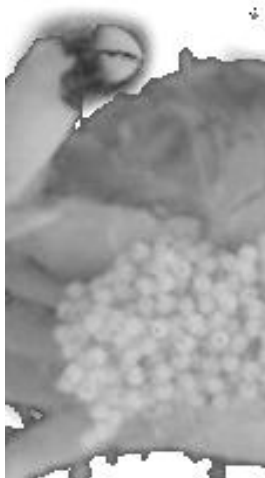
Por lo anterior, el qué hacer de la enseñanza de los SIG debe afrontar la proyección horizontal y vertical, hablando en términos de niveles académicos. Horizontalmente debe brindar la posibilidad de acceder a niveles básicos de conocimiento en la disciplina de la geoinformática, de tal forma que programas ligados a la gestión de recursos hídricos, transporte, infraestructura, minería, salud, agricultura, etc, puedan adquirir y compartir estos conocimientos e integrarlos en su ejercicio académico y profesional, al menos en el nivel del manejo de un lenguaje común y la operación básica del instrumento SIG.

Igualmente, hacia los niveles superiores de formación, como maestría y doctorado, debe darse un aporte de inquietudes que permitan abordar la investigación, el desarrollo de nuevos métodos y la adecuación de algunos existentes a nuestro contexto, en áreas que van desde la epidemiología hasta la modelación atmosférica, pasando por temáticas tan variadas como el modelamiento de la contaminación difusa por agroquímicos, la definición de patrones de oferta-demanda en el transporte público urbano, el análisis de coberturas en servicios públicos domiciliarios, la determinación de dinámicas hidrológicas e hidrogeológicas, los planes de restauración de ecosistemas degradados, entre muchos otros. Esta proyección a niveles superiores de la enseñanza de posgrado también debe contemplar, de ser necesario, la implementación de programas de maestría en geoinformática, acordes con las necesidades y requerimientos del país.

Su accionar debe también irradiar al pregrado y a la formación básica secundaria con inquietudes y contenidos que permitan que la geoinformación y su manejo sean parte de la cultura social. Este propósito, aunque puede parecer ambicioso, hoy más que nunca es posible, gracias a los programas nacionales y seccionales que se orientan hacia las agendas de conectividad e integración de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en la enseñanza de todos los niveles y a la disponibilidad de opciones múltiples de software gratuitos que permitirían que pequeñas instituciones educativas y municipalidades gestionen su información utilizando tecnologías georreferenciadas.

De la misma manera, muchas de las casas comerciales que ofertan software SIG, ofrecen paquetes educativos a costos moderados que permiten a las instituciones de educación superior establecer laboratorios de geoinformática con propósitos múltiples para sus diferentes programas, al tiempo que incentivan y patrocinan la conformación de redes académicas, bases de datos de conocimiento y desarrollo de nuevos productos y utilitarios.

Un ejemplo de lo anterior es el caso de ESRI que con su producto LAB KIT, posibilita la instalación de 25 puestos de trabajo a costos asequibles. A través del portal de esta entidad, también es posible acceder a los avances y conocimientos desarrollados por grupos especializados alrededor del mundo, en temáticas diversas como son la salud, los negocios, la defensa, la educación, la ingeniería, el gobierno, los recursos naturales y el transporte, además de las ligadas a la implementación de las herramientas tecnológicas como son los modelos de datos, los estándares de interoperabilidad y la integración de plataformas entre muchas otras (ESRI, 2007). Algunos de estos desarrollos están disponibles bajo la forma de herramientas de uso público y cuentan con la documentación y los contenidos de conocimiento y entrenamiento requeridos para su integración directa en aplicaciones de diversa índole, tal es el caso de la herramienta Arc Hydro tools desarrollada por el Centro de Investigaciones en recursos hídricos (CRWR, en inglés, 2007) de la Universidad de Texas y el Instituto de Investigación en Recursos Ambientales (ESRI, en inglés), la cual permite realizar análisis hidrológicos e hidrogeológicos de gran utilidad en los procesos de modelamiento de cuencas y gestión del recurso hídrico (Maidment, 2005).



4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los SIG han pasado, en pocos años, de ser una tecnología emergente a posicionarse como una herramienta de uso cotidiano en la resolución de problemas complejos de planificación y gestión y, en ese sentido, se incrementa la demanda de profesionales formados en los conocimientos e instrumentos de la disciplina científica conocida como geoinformática. Por lo tanto, las instituciones de nivel superior están convocadas a abordar nuevos procesos de enseñanza- aprendizaje que permitan integrar esta tecnología a la sociedad.

Dado que la gestión del medio ambiente y sus recursos involucra la comprensión y tratamiento de problemas espaciales complejos, los SIG se constituyen en una herramienta de gran valor para que las personas y entidades involucradas reúnan sus datos y métodos en ensambles operativos que dinamicen la integración de nuevo conocimiento y la adopción de políticas adecuadas de gestión, además de los mecanismos requeridos para el seguimiento, evaluación y control de esta gestión.

A pesar de no ser una tecnología «nueva» en el sentido estricto de la palabra, su expansión se ha limitado a grupos e instituciones especializadas y con gran capacidad económica, lo cual ha limitado su integración efectiva en la cultura social y técnica de nuestro país. Esto ha limitado igualmente su adopción en los procesos de gestión y manejo de los recursos naturales y a su vez, ha acotado su expansión en los programas académicos de pre y posgrado relacionados con esta área.

A la par con lo anterior, en la enseñanza de los SIG integrados a la gestión del medio ambiente y los recursos naturales surgen ciertos desafíos que van desde lo pedagógico hasta lo instrumental. Es entonces tarea de las instituciones de educación superior desarrollar, currículos pertinentes, flexibles y actualizados que permitan, como mínimo, el establecimiento de un lenguaje común con relación a la temática, el adiestramiento en el manejo de los instrumentos y la adquisición elementos prácticos que permitan que estos conocimientos y destrezas se proyecten a la sociedad con implementaciones prácticas realizadas por las personas y entidades, públicas y privadas, relacionadas con la gestión.

Es necesario que el conocimiento de la geoinformación y sus instrumentos se proyecte, con pertinencia, hacia la formación básica secundaria, pregrados y posgrados, de tal forma que se integre en las llamadas competencias laborales y para la vida en los niveles tempranos de formación y se constituya en un eje de investigación y desarrollo de nuevo conocimiento en los niveles avanzados de la formación de posgrado.

Se requiere una política estructural por parte de las compañías desarrolladoras de SIG comerciales, que permita el acceso de pequeñas instituciones educativas y municipalidades sin gran capacidad económica a sus plataformas, como una estrategia de difusión y democratización del conocimiento, pero igualmente se requiere un esfuerzo de las entidades públicas y privadas en el sentido de integrar estas tecnologías, no sólo en sus procesos de gestión, sino también en las labores de difusión, seguimiento y control ciudadano. En este aspecto, se resalta el programa de licenciamiento académico de ESRI, que, a través de su representante en Colombia, PROSIS, ha apoyado en buena medida diversos programas de capacitación universitaria en estas tecnologías.

Es necesario que los profesionales vinculados a la gestión desarrollen y fortalezcan su vinculación a redes especializadas en el campo de la geoinformática, de tal forma que la gran producción que se da en este campo pueda ser acopiada, adecuada e integrada en nuestro medio, abordando en el mediano plazo la producción de nuevo conocimiento acorde a las necesidades, limitantes y posibilidades del país.



REFERENCIAS

- Curran Ch., 2006. How Should CIOs Lead Technology Innovation?. Boletín electrónico Optimize, Issue 46. [En línea]: <http://www.optimize.com/disciplines/strategic-innovation/showarticle.jhtml?articleid=167600561>)
- EDUTEKA, 2005. Los sistemas de información geográfica (SIG) en la educación escolar del siglo XXI. [En línea]: <http://www.eduteka.org/SIG1.php>
- ESRI, 2005. ESRI History. Página WEB Environmental Systems Research Institute. [En línea]: <http://www.esri.com>
- Maidment, D. y Pierce, S., 2005. Groundwater - GIS in Water Resources. Center for Research in Water Resources. University of Texas at Austin
- Montello, D., 2005. Department of Geography, University of California Santa Barbara. Human Cognition of the Spatial World; NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science. [En línea]: <http://www.ncgia.ucsb.edu/education/curricula/giscc/units/u006/u006.html>.
- Osberg, K., 2005. College of Education University of Washington. Spatial Cognition in the Virtual Environment [En línea]: <http://www.hitl.washington.edu/projects/education/puzzle/spatial-cognition.html>
- SNIES, 2004. Observatorio laboral para la educación. Ministerio de Educación Nacional. [En línea]: http://saces.mineducacion.gov.co/ole/ol_r_folder3.php?NBC_CONSULTA=33
- Solleiro, J., 1995. La vinculación de la UNDM con el sector productivo, En: vinculación Universidad – Sector Productivo. Santiago de Chile.
- Universidad de Antioquia, 2006. Documento para la obtención del registro calificado - Especialización en Medio Ambiente y Geoinformática. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Postgrados de Ambiental. Medellín – Colombia.