

Reflexiones sobre el surgimiento de los sistemas de información geográfica y su evolución hacia el concepto SIGCIE

Autora: Tatiana Geler Roffe

Geógrafa, Investigador Auxiliar. Doctora en Ciencias Geográficas.

La Habana, Cuba.

tgeler@ceniai.inf.cu

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar algunas consideraciones sobre el concepto SIG, orígenes y evolución de estas herramientas hasta la actualidad y perspectivas futuras de su desarrollo. Se hace un análisis de las características de la Ciencia de la Información Geográfica en expansión, sus orígenes y, sobre todo, los objetivos científicos que se han planteado para ella hasta el momento y el futuro desarrollo de estas tecnologías. Se concluye reafirmando que los próximos años, constituirán un período crucial para el desarrollo de la Geografía, para lo cual dependerá que esta disciplina se mantenga como una ciencia y herramienta útil e importante para la sociedad, en la nueva era de la sociedad de la información, se evidencia que las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) ofrecen nuevas posibilidades a la investigación, la docencia y la práctica geográfica, y está en nuestras manos aprovecharlas de modo eficiente, dándoles el protagonismo que propician los espacios investigativos.

Palabras clave: SIG, Sistema de Información, Geomática, Tecnologías de Información Geográfica, SIGciencia

Reflections on the emergence of geographic information systems and their evolution into the concept GIScience

ABSTRACT

This paper aims to show some considerations on the GIS concept, origins and evolution of these tools to the present and future prospects of its development. An analysis of the characteristics of Geographic Information Science to expand, its origins and, above all, the scientific objectives that have been raised for her so far and the further development of these technologies. We conclude by reaffirming that the coming years will be a crucial period for the development of geography, for which depend on this discipline is maintained as a science and useful and important tool for society in the new era of the information society , it is evident that the Information Technology (GIT) offer new possibilities for research, teaching and geographic practice, and is in our hands seize efficiently, giving them the prominence that encourage research spaces.

Keyword: GIS, Information Systems, Geomatics, Geographic Information Technologies, GIScience

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en nuevos elementos de identidad territorial en el ámbito de la Sociedad de la Información. Su valor más esencial reside en las posibilidades que ofrecen para mostrarnos la realidad geográfica de la cual dependen la mayoría de las actividades del Hombre. El análisis de la información geográfica describe los elementos espaciales en función de su posición en la superficie terrestre, de sus atributos temáticos y de las relaciones entre ellos en un tiempo concreto, permitiendo a nuestra sociedad disponer de los suficientes elementos de juicio para afrontar decisiones de futuro con el rigor necesario.

El término Sistema de Información Geográfica (SIG) suele aplicarse a sistemas informáticos orientados a la gestión de datos espaciales, que constituyen la herramienta informática más adecuada y extendida para la investigación y el trabajo profesional en Ciencias de la Tierra y Ambientales. Se trata de herramientas complejas, que son el reflejo de la complejidad del objeto de estudio de estas ciencias, fruto de la evolución y fusión de programas muy diferentes que anteriormente se habían utilizado de forma independiente. Esta complejidad ha llevado al nacimiento, a partir del trabajo con los SIG, de una nueva disciplina científica, todavía bastante discutida, conocida como *Ciencia de la Información Geográfica*.

Sin ser, en absoluto, una herramienta novedosa, se acepta el año 1966 como fecha de creación del primer SIG. Tras años de acumulación de experiencia y tecnologías, los SIG han experimentado en los últimos quince años un rápido desarrollo teórico, tecnológico y organizativo y una amplia difusión, tanto en la administración como en los mundos académico y profesional. El retraso con que todo tipo de avances tecnológicos penetra en nuestro país hace que estemos aún en el boom de los SIG, por tanto se trata de una técnica imprescindible, incluso de una línea de especialización muy interesante, para los profesionales de las Ciencias de la Tierra y Ambientales.

La orientación comercial de una parte importante de la actividad entorno a los SIG ha dado lugar a numerosa propaganda acerca de las virtudes de determinados productos que, en muchos casos han conducido a crear falsas expectativas en cuanto a su utilidad real y en cuanto a su sencillez de manejo. Para evitar este tipo de problemas, resulta imprescindible que la implementación y el trabajo con un SIG esté sólidamente cimentado en las bases científicas de la *Ciencia de la Información Geográfica* y en el conjunto de ciencias implicadas.

Debido a toda la complejidad y a la amalgama de intereses detrás de un SIG, resulta una materia necesariamente amplia y difícil que además requiere una buena base matemática e informática. Esta dificultad empieza en el mismo momento de la definición de lo que es un SIG. Algunas de las definiciones aportadas se centran en la base de datos, otras en los algoritmos y funciones contenidos en los programas que manejan estas bases de datos y otras en los aspectos de gestión y administración de la información.

En el segundo tema se tratará de aportar una definición amplia de SIG. Por el momento, podemos quedarnos en una mucho más pragmática de lo que serán

los SIG en un futuro próximo: la herramienta-ciencia de uso diario de los profesionales de las Ciencias de la Tierra y ambientales, tanto si trabajan en investigación como si lo hacen en ordenación o gestión del territorio.

TÉRMINOS Y DEFINICIONES MÁS UTILIZADAS SOBRE EL VOCABLO SIG.

Un sistema de información geográfica (SIG), también conocido como sistema de información geoespacial, es cualquier sistema para la captura de datos, almacenamiento, análisis y manejo de datos y atributos asociados referidos espacialmente a la tierra.

En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, corregir, analizar, compartir, y exhibir la información geográficamente referida. En un sentido más genérico, los SIG son una herramienta que permite a los usuarios crear preguntas interactivas (búsquedas creadas por el usuario), analizar la información espacial, corregir los datos, los mapas, y presentar los resultados de todas estas operaciones.

Un sistema de información (SI) es el sistema de personas, los expedientes de datos y las actividades que procesan los datos y la información en una organización dada, incluyendo procesos manuales o automatizados. Por lo general, el término se utiliza, erróneamente, como sinónimo para los sistemas de información computarizados, que son solamente el componente de las tecnologías de la información de un sistema de información. Los sistemas de información computarizados son el campo de estudio para las tecnologías de la información (TI); sin embargo, estos se deben tratar prácticamente aparte del sistema de información mayor en que están siempre implicados.

Las definiciones más comunes de SIG según Rolf A. de By (2000):

1. Un conjunto de herramientas para reunir, introducir (en el ordenador), almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos (Burrough, 1986).
2. Un sistema de hardware-software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (National Center for Geographic Information and Analysis, NCGIA, 1990).
3. Una base de datos especializada que contiene objetos geométricos (Cebrian, 1992).
4. Sistemas informáticos para la gestión de la información geográficamente distribuida (...) resultan de la integración de bases de datos relacionales (alfanuméricas) con bases cartográficas numéricas. Son capaces de ordenar (indexar) los contenidos de una base de datos de acuerdo con su disposición geográfica y de responder a preguntas espaciales o híbridas (basadas en criterios alfanuméricos, métricos y topológicos) (Grandío, 1994).

También se utilizan otros términos, tales como: geoinformática, geomática, ingeniería geomática.

La Geoinformática es una ciencia que desarrolla y utiliza la infraestructura de las ciencias de la información para tratar los problemas de geociencias y las ramas relacionadas de la ingeniería. Geoinformática combina el análisis y modelado geoespacial, el desarrollo de bases de datos geoespaciales, el diseño de sistemas de información, interacción persona-ordenador y las tecnologías de redes tecnológicas.

Las tecnologías de Geoinformática incluyen sistemas de información geográfica, los sistemas de apoyo para toma de decisión espacial, los sistemas de posicionamiento global (GPS), y la teledetección. Geoinformática utiliza la geocomputación para analizar la geoinformación.

Las herramientas de Geoinformática incluyen: una base de datos relacional de objetos (ORD) o sistema de gestor de base de datos relacional de objetos (ORDBMS), cartografía de objetos relacionales (u O/RM), geoestadística.

La Geomática es la disciplina para la captura, almacenaje, procesamiento y entrega de la información geográfica, o de la información espacialmente referida. Es de recién concepción este término, fue acuñado al parecer por B. Dubuisson en 1969. Incluye las herramientas y las técnicas usadas en los levantamientos de la tierra, teledetección, los sistemas de información geográfica (SIG), el sistema de posicionamiento global (GPS), y formas relacionadas de cartografía de la tierra. Fue utilizado originalmente en Canadá, porque es similar en francés e inglés, el término geomática ha sido adoptado por la Organización Internacional de Estándares, la Institución Real de Topógrafos, y muchas otras autoridades internacionales, aunque algo (especialmente en los Estados Unidos) haya demostrado una preferencia por el término tecnología geoespacial.

La ingeniería Geomática es una disciplina moderna, que integra la adquisición, el modelado, el análisis, y administración de datos espacialmente referenciados, es decir los datos identificados según sus localizaciones. De acuerdo con el marco científico de la geodesia, utiliza los sensores terrestres, marinos, aerotransportados, y satélites para adquirir datos espaciales y otros. Incluye el proceso de transformar datos espacialmente referidos de diversas fuentes en sistemas de información comunes con características de precisión bien definidas.

Otro de los conceptos emergentes en la actualidad se refiere al término genérico de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), donde pueden englobarse disciplinas como la cartografía o la estadística espacial, y más recientemente los Sistemas de Información Geográfica, los Sistemas de posicionamiento por satélite y la Teledetección.

De esta manera a mi juicio una definición de mayor precisión sobre lo que entendemos por TIG, siguiendo la opinión de varios autores (Goodchild, 1997; Bosque, 1999; Chen y Lee, 2001) constituyen todas aquellas disciplinas que permiten generar, procesar o representar información geográfica, entendiendo por información geográfica cualquier variable que está, o es susceptible de

estar, geo-referenciada en el espacio (mediante coordenadas x, y, z). Por tanto, como TIG podemos incluir disciplinas muy variadas, algunas de gran tradición histórica como la Cartografía (tanto temática, como topográfica), así como otras más recientes, como los Sistemas de Posicionamiento por Satélite (GPS – Glonass – Galileo...), los Sistemas de Información Geográfica (SIG), y la Teledetección (en sentido amplio, incluyendo también la adquisición y procesamiento de fotografías aéreas) (Chuvienco, 2005).

Este tema tiene gran importancia científica teniendo en cuenta la posibilidad, e incluso la necesidad, de construir la denominada Ciencia de la Información Geográfica (CIG) y desarrollar sus fundamentos teóricos, conceptuales e incluso ontológicos más profundos para la práctica y la actividad de las TIG. Al mismo tiempo estos sirven para resaltar la importancia radical del desarrollo de estas tecnologías sobre la actividad habitual, los conceptos fundamentales y los resultados prácticos de la investigación geográfica.

Estas tecnologías de sistema de información geográfica se pueden utilizar para las investigaciones científicas, la administración de recursos, la gestión de propiedades, la evaluación del impacto ambiental, el planeamiento urbano, la cartografía, la criminología, la historia, las ventas, la comercialización, y la logística. Por ejemplo, los SIG pudieron permitir que los planificadores de emergencias calculen fácilmente los tiempos de respuesta de emergencia en caso de desastre natural, los SIG se pueden utilizar para encontrar los humedales que necesitan protección contra la contaminación, o pueden ser usados por una compañía para detectar una nueva localización del negocio para aprovecharse de un mercado previamente insatisfecho.

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS SIG.

Es una disciplina relativamente reciente. No se puede hablar de Sistemas de Información Geográfica, propiamente dichos, hasta los años sesenta, aunque en los cincuenta hubiera una serie de antecedentes interesantes (Comas y Ruiz, 1993) citado por Bosque Sendra (1999). Al estudiar la evolución de los SIG, es referencia obligada el mundo anglosajón y sobre todo Estados Unidos. En la década de los sesenta, se inicia la carrera tecnológica de los SIG. En Canadá se desarrolla por primera vez un sistema informático que trabajaba con datos geográficos. El Departamento de Agricultura de ese país encargó al Dr. Roger Tomlinson, a quien se lo considera hoy el padre de la tecnología SIG la creación del CGIS (Canadian Geographic Information System). Es éste, sin duda, el primer Sistema de Información Geográfica del mundo (Tomlinson, 1984) según Bosque Sendra (1992).

Desde el punto de vista conceptual el CGIS aportó nuevas ideas que están vigentes en los software SIG actuales como por ejemplo: La estructuración de información en capas temáticas, división de mapas digitales en hojas y ajuste en los bordes, topología de arcos, superposiciones topológicas, entre otras (Gutiérrez y Gould, 1994) citado por Bosque Sendra (1999).

El Sistema de Información Geográfica de Canadá (CGIS), se considera como el sistema pionero, inició su creación en 1964, financiado por el Departamento de

Agricultura de Canadá y en su desarrollo jugó un papel determinante Roger Tomlinson (Bosque Sendra, 1992). El CGIS se diseñó como apoyo para la realización del inventario de los recursos forestales del país.

Paralelamente en esta misma década se desarrollaron otros proyectos parecidos en Estados Unidos, como fueron: LUNR (Land Use and Resource Information System), MLMIS (Minnesota Land Management Information System), PIOS (Polygon Information Overlay System) y otros (Bosque Sendra, 1992).

Todas estas iniciativas contribuyeron a despertar un mayor interés en el tratamiento de los datos geográficos. Lógicamente esta preocupación se advierte con mayor énfasis en aquellas sociedades donde las condiciones económicas favorecían el desarrollo de estas tecnologías (Tomlinson, 2005). A pesar de las primeras tentativas canadienses, es Estados Unidos la nación donde los SIG van a tener un campo de experimentación ampliado, tanto entre las instituciones públicas como en las privadas, y por ello va a ser en este país donde se desarrollen las aplicaciones de mayor envergadura e importancia.

Durante la misma década, en EE.UU. destacan cuatro organismos: uno del ámbito universitario, Harvard University; dos dentro del grupo de instituciones públicas, United States Census Bureau (USCB) y United States Geological Survey (USGS); y, por último, uno de la empresa privada, Environmental System Research Institute (ESRI) (Comas Y Ruiz, 1993). Todos ellos participaron de una u otra forma en la consolidación de los Sistemas de Información Geográfica en este periodo en Estados Unidos (Bosque Sendra, 1999).

Entre los años de 1966-1970, el *Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis* (Universidad de Harvard USA), desarrolló el software para la cartografía asistida por computador SYMAP (*SYnagraphic MAPing*) en 1968. También en este período se desarrollaron otros sistemas raster como GRID, IMGRID y posteriormente el *Analysis Package* (MAP), en los cuales se desarrollaron las funcionalidades de Análisis raster basados en el Concepto de Superposición de Capas (Gutiérrez y Gould, 1994).

Entre los años de 1970-1980, en este mismo laboratorio se desarrolló el modelo de datos basado en una nueva estructura que incorporaba relaciones topológicas como la contigüidad y la conectividad, sobre un programa de conversión de datos (al añadir la topología arco-nodo a los datos "spaghetti" de los CAD), denominado POLYVRT. En este período también se desarrolló la estructura de datos denominado DIME (Dual Independent Map Encoding), el cual fue uno de los primeros que incluía explícitamente la topología de la información espacial (Bosque, 1992; Gutiérrez y Gould, 1994). Esta es una de las instituciones que más ha aportado en el tema de modelo de datos. Ya en los años setenta se celebra la primera conferencia sobre SIG organizada por la *SIG y Medio Ambiente: Principios Básicos* IGU (International Geographical Union) que reúne a 40 participantes (Tomlinson, 2005).

Después de 1980, a partir de la experiencia de POLYVRT, el Laboratorio de Harvard, desarrolló ODYSSEY considerado el primer SIG de estructura vectorial. Este incluye la digitalización semiautomática, la gestión de la base de datos, y la elaboración interactiva de los mapas. Los aportes del Laboratorio de Harvard han sido la base para la creación de software GIS comerciales raster (ej. ERDAS, IDRISI) y vector como (ArcInfo).

En la década del ochenta se destaca el desarrollo del SIG *The Map Analysis Package* (MAP) presentado como tesis doctoral por *Dana Tomlin* en *Yale University* (Tomlin, 1983) y lanzando la versión para PC dos años más tarde (Tomlin, 1985). Su estructura de modelado cartográfico *raster* sería la base para el sistema *OSU MAP-for-the-PC* desarrollado por *The Ohio State University* hasta llegar a la versión 4 de mediados de los noventa en la cual han participado además *The State of New York University at Buffalo*, *University of South Carolina* y *Harvard University*.

Según Bosque Sendra (1992) la estructura de este sistema sería la base para el desarrollo de sistemas de gran difusión especializados en el procesamiento digital de imágenes satelitales como *IDRISI* (Clark University) y *ERDAS* (Erdas Inc), y su filosofía de “*toolbox*” (aplicación de comandos como si fuese una caja de herramientas) combinada al desarrollo vectorial de *ODYSSEY GIS*, que según Morehouse (1990), inspiraría las primeras versiones de *ARC/INFO* (ESRI), sistema que sería la base para *ARCVIEW GIS* (ESRI), ambos los SIG de mayor difusión con múltiples propósitos en la década del noventa.

Hay que señalar como último hito reseñable la creación del Centro Nacional para la Investigación Geográfica y Análisis (NCGIA) por la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América en 1988, cuya finalidad era “desarrollar investigación básica sobre el análisis geográfico utilizando los Sistemas de Información Geográfica” (Bosque Sendra, 1992). A partir de ese momento va a ser la institución que asumirá el protagonismo en las investigaciones de la nueva disciplina.

Quizás los años ochenta han sido los del despegue definitivo y mayor apogeo de la nueva tecnología. Las empresas privadas tomaron el relevo a las instituciones públicas y cada vez son más los programas comerciales ofertados. En las décadas anteriores, el *software* estaba orientado principalmente a cubrir las necesidades de las instituciones que los desarrollaban. A partir de dicha década y hasta la actualidad se trabaja en SIG ‘genéricos’ que puedan servir a diferentes usuarios y, en todo caso, es con posterioridad a la adquisición cuando se individualiza su uso en función de las necesidades del cliente.

En Europa, es el Reino Unido donde aparecen algunas de las iniciativas más interesantes. Tal circunstancia ocurre de forma casi paralela en el tiempo a los desarrollados en EE.UU., y los organismos más destacados son Ordnance Survey (OS) y Experimental Cartographic Unit (ECU) (Comas y Ruiz, 1993). Sobre todo el objetivo buscado se orienta a la sustitución de los métodos tradicionales cartográficos, destacando el ejemplo del OS (el Instituto Cartográfico Británico) (Bosque Sendra, 1992).

La Unión Europea también participa del interés por desarrollar los Sistemas de Información Geográfica. En un informe de la Comisión Europea se afirma que los SIG *SIG y Medio Ambiente: principios básicos* significan a la industria europea optimizar más de 150 millones de Euros y cerca de dos millones de empleos. En el mismo documento se añade que las Naciones Unidas ha estimado que los países desarrollados gastan aproximadamente el 0.1% de su PNB en información geográfica. Todo ello ha provocado la creación de EUROGI1 (European Umbrella Organization for Geographic Information) en 1993 que entre otras iniciativas ha desarrollado *GI 2000* que es un plan para el desarrollo de la infraestructura de información geográfica en la Unión Europea. Entre los proyectos puestos en marcha por la UE caben destacar: Enviducation, Ergis, Euripides, Explorer, Magis, Omega, Titan y Vital.

Dos hitos marcan la historia de la tecnología SIG: A comienzos de los años setenta se crea el primer sistema gráfico interactivo, creado por COMPUTERVISION y por otro, al inicio de la década del 80, ESRI crea el primer sistema eficiente de superposición de polígonos.

En los años setenta existían más de 80 software SIG a disposición del público (Tomlinson, 1984). En 1980 para la adquisición de software SIG en Canadá, se seleccionaron compañías como: Comarc Design System, Earth Satellite Corporation, Enviroment Research Institute (ESRI), M&S (hoy denominada Intergraph) y System House Limited. En la actualidad están en el mercado ESRI e Intergraph de esas compañías (Gutiérrez y Gould, 1994), junto a una gran cantidad de nuevas compañías productoras software SIG de diferentes países.

Se pueden distinguir tres fases en la evolución de los SIG (Crain y MacDonald, 1984; Gutiérrez y Gould, 1994):

Fase de Inventario. Esta fase se caracteriza por las aplicaciones relacionadas con grandes inventarios de datos, como los inventarios de redes públicas, transporte, o el catastro. (Localización, condición)

Fase de Análisis. En esta fase los SIG son capaces de resolver preguntas más complejas, que exigen relacionar distintas capas de información y utilizar técnicas estadísticas y de análisis espacial. Ejemplo la localización de rellenos sanitarios, ubicación de centros de atención, supermercados, y otros. (Condición, tendencias).

Fase de Gestión. Está orientada hacia la gestión y la decisión. Se hace énfasis en análisis espacial sofisticado y en la modelización. (Rutas, pautas y modelos).

DESARROLLO ACTUAL Y FUTURO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

La tecnología Internet permitirá difundir el conocimiento geográfico alrededor del mundo. Los SIG ayudarán a la planificación, diseño y construcción de ciudades, obras civiles y organización y protección del ambiente en que vivimos. En la actualidad y en el futuro inmediato los sistemas de información

geográfica jugarán un papel muy importante en la implementación de temas como:

- Agricultura de Precisión
- SIG Móvil (GIS móvil)
- Servicios Web de información Geográfica
- Navegación en 3 dimensiones (GIS 3D)
- Infraestructura Global de Datos Espaciales.

Además, con sistemas capaces de mezclar rápida y fácilmente, textos, gráficos, sonidos e imágenes en movimiento, los usuarios de los SIG entran al siglo XXI aprovechando al máximo las capacidades de las tecnologías de la información espacial. Esto significa también la formalización de los sistemas de información integrados (SII), que implica la integración de las capacidades del SIG, los sensores remotos, los sistemas expertos, los modelos medio ambientales, la multimedia, la realidad virtual, y otras representaciones, para proporcionar una mejor respuesta a las necesidades de los usuarios.

En este sentido uno de los avances más recientes en el área de geoprocésamiento es el uso de ontologías en el desarrollo de los SI, donde una ontología es una teoría que especifica un vocabulario relativo a un cierto dominio, que define entidades, clases, propiedades, predicados y funciones y las relaciones entre estos componentes. Según Smith y Mark, (1998) una ontología del mundo geográfico puede ayudar a entender como diferentes comunidades comparten informaciones y establecer correspondencias y relaciones entre los diferentes dominios de entidades espaciales.

Considerando que, las ontologías generalmente se usan para especificar y comunicar el conocimiento del dominio y que existe un reconocimiento creciente que los principios y conceptos ontológicos pueden aplicarse fructíferamente en el campo de los SI, se puede afirmar que un SI tiene su propia ontología implícita, al atribuir significado a los símbolos usados. Sin embargo, de manera explícita, una ontología puede tener distintos roles en un SI.

Frente al panorama antes enunciado las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) han sufrido una rápida evolución en los últimos años, lo cual es reflejo de su generalización y difusión masiva en la actual sociedad de la información. Cada vez más a menudo, los diferentes sectores económicos se ven obligados a hacer uso de estos instrumentos en su actividad cotidiana.

Como se detallan anteriormente todos estos nuevos usos, se extienden desde actividades científicas a usos en la gestión empresarial, desde la integración entre TIG y modelos de simulación ambiental, hasta la denominada agricultura de precisión.

Todas estas nuevas utilizaciones están tropezando con algunos graves inconvenientes derivados de las todavía notables deficiencias en el desarrollo conceptual y práctico de las TIG. Esto se debe a que, a pesar de su importante evolución, es muy evidente la complicación y complejidad de uso de estas técnicas, que solo pueden ser empleadas, hasta el momento, por personal

preparado y entrenado. Al mismo tiempo las TIG aunque muy eficaces para ciertas tareas, presentan graves deficiencias en cuanto a potencia y capacidad de tratar problemas territoriales complejos.

Con la finalidad de resolver la problemática anterior, en los últimos años se ha planteado el objetivo de crear una denominada Ciencia de la Información Geográfica (CIG) que se dedique a estas tareas (Goodchild, 1992). Como veremos a continuación se han dado pasos muy importantes para el desarrollo de esta nueva disciplina científica.

La CIG sería, por lo tanto, un nuevo cuerpo de conocimiento que pretende el estudio, la investigación y el desarrollo de los conceptos teóricos, los algoritmos matemáticos, los programas informáticos, los instrumentos físicos, las bases de datos, las nuevas formas de uso y los nuevos temas donde usar las tecnologías de la información geográfica, de manera que sea posible el uso eficiente de la información geográfica en la resolución de problemas territoriales complejos.

Se trata de un campo de conocimiento multidisciplinar. La Geografía, la Cartografía, la Geodesia, la Fotogrametría, entre otras, aportan ideas y elementos para su desarrollo. Por lo tanto, es una de las nuevas disciplinas «intersección» de algunas otras preexistentes, tal como la denominada Ciencia Ambiental.

El Consorcio de Universidades para los Sistemas de Información Geográfica (UCGIS), una colaboración entre aproximadamente setenta instituciones académicas, empresas privadas, y organismos gubernamentales y una de las más destacadas manifestaciones del surgimiento de los SIGciencia en los EE.UU., se dedica al avance de nuestra comprensión de los procesos geográficos y a las relaciones espaciales mediante el mejoramiento de la teoría, métodos, tecnología, y datos (<http://www.ucgis.org>). Este tema de las herramientas al servicio de la ciencia se hizo eco por Clarke (1997), que define SIGciencia como "la disciplina que utiliza los sistemas de información geográfica como instrumentos para entender el mundo."

¿Qué es Ciencia de la Información Geográfica o SIGciencia?

La ciencia de la información geográfica es la ciencia base de los conceptos geográficos, usos y los sistemas, enseñados en bachillerato y programas certificados de SIG en muchas universidades.

Con la finalidad de entender la nueva concepción de los SIG como SIGciencia es importante refrescar que se entiende por ciencia (del *latín scientia*, "conocimiento") el conocimiento sistematizado elaborado mediante observaciones y razonamientos metódicamente organizados.

La ciencia utiliza diferentes métodos y técnicas para la adquisición y organización de conocimientos sobre la estructura de un conjunto de hechos objetivos, accesibles a varios observadores. La aplicación de esos métodos y conocimientos conduce a la generación de más conocimiento objetivo en forma

de predicciones concretas, cuantitativas y comprobables referidas a hechos observables pasados, presentes y futuros. Con frecuencia esas predicciones pueden formularse mediante razonamientos y estructurarse como reglas o leyes universales, que dan cuenta del comportamiento de un sistema y predicen cómo actuará dicho sistema en determinadas circunstancias.

Podemos definir a la ciencia, desde un punto de vista totalizado como el conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales, concernientes a una determinada área de objetos y fenómenos.

Las principales características que posee la ciencia, así concebida, son las siguientes: sistemática, acumulativa, metódica, provisional, comprobable, especializada, abierta y producto de una investigación científica.

La ciencia de la información geográfica (CIG) es la teoría académica detrás del desarrollo, del uso, y del empleo de los sistemas de información geográfica (SIG). Se refiere a los SIG soporte físico, software, y datos geoespaciales. Los SIG, por otra parte, abordan los problemas y las cuestiones sobre todo con una metodología tecnológica (e.g. cartografía digital), CIG abordan las cuestiones fundamentales planteadas por el uso de los SIG y las tecnologías relacionadas (Goodchild 1990, 1992; Wilson y Fotheringham 2007) según Bosque Sendra, (1999).

Las características de SIGciencia son, por lo tanto, ni más ni menos de lo que uno espera de cualquier empresa científica: replicabilidad, independencia de los observadores y lo observado, léxico de intercambio de términos bien definidos, y una preocupación por la precisión. Uno de los resultados esperados obtenidos a partir de la utilización de los SIG serán reportados con un nivel de precisión alto y con un nivel de detalle suficiente para que puedan ser replicadas por otros, y un procedimiento SIG esperado que este documentado cuidadosamente y totalmente (Goodchild, 2004).

Pero esta es sólo una de las dos definiciones de SIGciencia. Goodchild (1992) define como SIGciencia "La ciencia detrás de los sistemas", relacionados con el conjunto de cuestiones fundamentales planteadas por los SIG y tecnologías aledañas.

En esta interpretación, SIGciencia es la reserva de conocimientos que se aplica en los SIG. Puede buscar los principios generales, tales como la enumeración de las posibles relaciones topológicas entre pares de atributos por Egenhofer y Franzosa (1991), uno de los documentos más citados en GIScience (Fisher 2001). Puede descubrir algoritmos más rápidos, esquemas de indexación más eficientes, o nuevas formas de visualización de la información geográfica. UCGIS ha identificado diez retos a la investigación (<http://www.ucgis.org>), que representa un consenso sobre el programa de investigación a largo plazo más importante de los componentes del SIGciencia (Longley et al., 2005).

En este segundo sentido de la ciencia detrás de los sistemas, SIGCiencia se basa en los resultados acumulados de muchos siglos de investigación en la forma de describir, medir y representar la superficie de la Tierra.

El paso a la tecnología digital ha revolucionado los antiguos SIGciencia de la topografía, la fotogrametría y la cartografía, dando nueva motivación para cuestiones de investigación más antiguas y creando nuevas cuestiones relacionadas con la gran flexibilidad y el poder de las tecnologías digitales.

Según Bosque Sendra (1999), constituye un cuerpo de conocimiento que pretende el estudio, la investigación y el desarrollo de los conceptos teóricos, los algoritmos matemáticos, los programas informáticos, los instrumentos físicos, las bases de datos, las nuevas formas de uso y la búsqueda de nuevos campos de aplicación, en relación a las tecnologías de la información geográfica.

La Ciencia de la Información Geográfica se puede relacionar, de alguna manera, con un amplio número de disciplinas ya existentes:

- Por un lado, las disciplinas que han estudiado, tradicionalmente, la información geográfica: Cartografía, Teledetección, Geodesia, Topografía, Fotogrametría, etc.
- Por otro, las que estudian la información geográfica en formato digital: Informática (bases de datos, geometría computacional, reconocimiento de patrones, procesamiento de imágenes), Ciencia de la información.
- También las que estudian, de forma tradicional, la Tierra, en especial su superficie: Geología, Geofísica, Oceanografía, Agronomía, Biología (Ecología, Biogeografía), Ciencias ambientales, Geografía, Sociología, Antropología, y otras.
- Las que pretenden integrar los conocimientos sobre la superficie terrestre procedentes de otras disciplinas: Geografía, Ciencias ambientales, Cambio global, etc.
- Finalmente, aquellas que estudian la naturaleza del pensamiento del hombre y su interacción con los ordenadores: Psicología (Psicología Cognitiva y Psicología ambiental), Ciencia de la cognición, Inteligencia artificial.

La Ciencia de la Información geográfica es una propuesta reciente de algunos autores norteamericanos (Goodchild, 1992; Wright, Goodchild y Proctor, 1997), que en algunos lugares (Canadá, Australia, Francia) se suele nombrar como Geomática, y que está recibiendo el creciente apoyo de diversas instituciones, una serie de hitos marcan con claridad el surgimiento de esta nueva ciencia:

1. NCGIA (USA) y su nuevo proyecto de investigación VARENIUS, centrado en el desarrollo conceptual de la nueva disciplina.
2. La nueva versión del Core curriculum para SIG del NCGIA, ahora denominado Core curriculum para GIScience.
3. La creación del Consorcio Universitario para la CIG en USA. Este consorcio para la CIG, establecido entre más de 30 Universidades y centros de investigación norteamericanos, se puede considerar uno de los principales promotores de la creación de esta nueva disciplina. En diversas reuniones y congresos han elaborado una amplia documentación sobre la cuestión, que es

accesible por INTERNET (<http://www.ucgis.org>), en ella se enumeran una serie de temas como los más importantes para la investigación por la nueva ciencia (UCGIS, 1996) según Goodchild (1997):

- Adquisición e integración de los datos geográficos.
- Informática distribuída. Las bases de datos descentralizadas.
- Extensiones de la representación digital de los datos geográficos.
- Percepción y cognición de la Información geográfica.
- Interoperabilidad de la Información geográfica.
- Escala espacial.
- Análisis espacial en un SIG.
- Futuro de la Infraestructura de información espacial.
- Incertidumbre en los datos geográficos y en los procesos de análisis de los SIG.
- Ciencia de la información geográfica y sociedad.

En este trabajo se exploran algunos de los desarrollos claves en estas áreas y la evolución de la ciencia de la información geográfica como un campo unificado que estudia los SIG y los métodos de estadística espacial considerándolos como un apoyo teórico esencial para el análisis espacial de datos.

Recordemos a este respecto que el desarrollo de toda ciencia depende de que se reúnan varias condiciones: disponibilidad de datos de buena calidad, existencia de hipótesis bien formuladas, que puedan formalizarse matemáticamente y someterse a comprobación empírica, que exista una metodología rigurosa que permita al analista obtener inferencias y conclusiones válidas respecto a las cuestiones examinadas partiendo de los datos; ello incluye la capacidad de formular modelos que puedan utilizarse para probar la hipótesis acerca de los parámetros de interés, y por último la disponibilidad de una tecnología que permita que en la práctica se lleve a cabo la investigación y con niveles de precisión aceptables.

La evolución de la ciencia de la información geográfica (SIGciencia), debe mucho a los desarrollos experimentados en los SIG y en el dominio del análisis de datos espaciales, que se refiere a aquellas ramas de análisis de datos en los que la referencia geográfica de los objetos contiene información importante.

CONCLUSIONES

- Se han desplegado numerosos esfuerzos para identificar direcciones futuras en los SIG y para delinear la correspondiente agenda de investigación para la SIGciencia. Hasta la década de los 90, la idea que prevalecía respecto a los SIG era considerarlos como una ayuda a la investigación, que conducía a tareas que el usuario encontraba demasiado tediosas, complejas o tan consumidoras de tiempo como hacerlo manualmente. A medida que avanza el tiempo, los SIG se han convertido en un instrumento poderoso que pone en funcionamiento proporciones cada vez mayores de las técnicas conocidas de análisis espacial de datos.

- La llegada de la Web y la popularización de internet condujeron a una reconsideración importante de la visión anterior y amplió considerablemente la agenda de investigación al mismo tiempo de la SIGciencia con un esfuerzo extenso y continuado por el UCGIS. Se ha agregado a la lista la visualización basada en ontología, interpretada en este caso como el estudio de lo más abstracto.
- El análisis geográfico, fundamento de la CIG y de los SIG, tiene buena parte de su origen en los trabajos de los geógrafos por tanto sería valioso que los problemas geográficos y los enfoques y habilidades de los geógrafos sean incorporados al desarrollo de esta nueva ciencia. Por todo ello, la aportación de los geógrafos a la nueva ciencia es importante y se debe plantear con habilidad y persistencia, sin permitir que sea menospreciada y minusvalorada.
- En conclusión, los próximos años, constituirán un período crucial en el desarrollo de la Geografía, para lo cual dependerá que esta disciplina se mantenga como una herramienta útil e importante para la sociedad, en la nueva era de la sociedad de la información.
- Las TIG ofrecen nuevas posibilidades a la investigación, la docencia y la práctica geográfica, y está en nuestras manos aprovecharlas de modo eficiente, dándoles el protagonismo que merecen.

BIBLIOGRAFÍA

Burrough, P. (1986): Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford, England, Oxford University Press, 194 pp.

Bosque Sendra, J. (1992): Sistemas de Información Geográfica. Rialp. Madrid.

Bosque Sendra, J. (1999): La ciencia de la información geográfica y la geografía. Publicado en VII Encuentro de Geógrafos de América latina. Publicaciones CD, Inc. ,CD-ROM, San Juan de Puerto Rico, 15 pp. Disponible en: <http://www.sigagropecuario.gov.ar/docs/mapas-info/GIS/documentos/Bosque-Sendra-1.pdf>

Bosque Sendra, J. (1999): Nuevas perspectivas en la enseñanza de las tecnologías de la información geográfica. Serie geográfica, ISSN 1136-5277, N° 8. Disponible en: <http://dspace.uah.es/dspace/bitstream/10017/1083/1/Nuevas+Perspectivas+en+la+Ense%C3%B1anza+de+las+Tecnolog%C3%ADas+de+la+Informaci%C3%B3n+Geogr%C3%A1fica.pdf>

Chuvienco E, Bosque Sendra, J. et. al. (2005): ¿Son las tecnologías de la información geográfica (TIG) parte del núcleo de la geografía? Boletín de la A.G.E. N.º 40, 35-55 pp. Disponible en: <http://age.ieg.csic.es/boletin/40/02-SON%20LAS%20TECNOLOGIAS.pdf>

Environmental Science Research Institute. (1996): Using ArcView GIS. Environmental Science Research Institute, Inc., Redlands, California.

Goodchild, M., R.P. Haining. (2005): SIG y análisis espacial de datos: perspectivas convergentes. Investigaciones Regionales, ISSN 1695-7253, Nº. 6, 175-202 pp. Disponible en:

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=2124767>

Goodchild, M. (2004): GIScience, Geography, form and process. National Center for Geographic Information and Analysis, Department of Geography. Disponible en:

<http://nature.berkeley.edu/~bingxu/UU/geocomp/Readings/GoodchildAnnals2004.pdf>

Goodchild, M.F. (1997): What is Geographic Information Science? NCGIA Core Curriculum in GIScience. Disponible en:

www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u002/u002.html

Gutiérrez, J. y M. Gould (1994). SIG: Sistemas de Información Geográfica. Madrid, Editorial SINTESIS, S.A. 251 pp.

Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W. (2005): Geographic Information Systems and Science, 2nd Edition, John Wiley & sons, Chichester, 517 pp.

Rolf A. de By. (2000): Principles of Geographic Information Systems. ITC Educational Textbook Series, Enschede, The Netherlands, 230 pp.

Smith, B. and D. Mark. (1998): Ontology and Geographic Kinds. In: International Symposium on Spatial Data Handling, Proceedings. Vancouver, Canada, 308-320 pp.

Tomlin, C.D. (1983): Digital Cartographic Modelling Techniques in Environmental Planning. PhD Thesis. School of Forestry and Environmental Studies. Yale University. Connecticut.

Tomlin, C.D. (1985): The IBM Personal Computer Version of the Map Analysis Package. Harvard University Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis. Cambridge.

Tomlinson, R.F. (2005): Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers. ESRI Press. 328 pp