

Geografía y Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la escuela secundaria. Reflexiones y propuestas para el trabajo en las aulas de la República Argentina

Gustavo D. Buzai
Claudia A. Baxendale
Graciela Cacace
Luis Humacata
Nicolás Caloni
María del Rosario Cruz*

Abstract

With the beginning of the XXI century the spatial dimension has been particularly important when analyzing and understanding the world around us. Current technological development has enabled the emergence of so-called Geographic Information Technologies (GIT) leading to configure the framework of global linkages based on digital format, in which the technology of Geographic Information Systems (GIS) occupies a prominent position.

This paper examines the potential offered by GIS as a support application of GIT in the classroom and essential tool that helps to support the development of spatial intelligence of students.

To achieve this, GIS is considered in its application role that supports a technological revolution (methods and techniques) and an intellectual revolution (theory and epistemology). In this sense its emergence is analyzed as a result of scientific-technological developments, geographical paradigms that provide support, teacher training needed to its use and the basic concepts of spatial analysis. The path is synthesized in a proposal of a teaching practice —oriented as a digital urban modeling—, formalizing key concepts at different levels of complexity possible to be applied to secondary education.

* Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG), Programa de Estudios Geográficos (PROEG), Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Luján, Luján, Argentina, <www.gesig-proeg.com.ar>.

Key words: *Geographic Information Systems (GIS), Geography Education, GIS Education.*

Resumen

Con el inicio del siglo XXI la dimensión espacial ha cobrado particular importancia al momento de analizar y comprender el mundo que nos rodea. El desarrollo tecnológico actual ha posibilitado la aparición de las denominadas Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) que llevan a configurar el marco de vínculos globales basados en el formato digital, en el cual la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ocupa una posición destacada.

El presente trabajo analiza la potencialidad que presentan los SIG como sustento aplicativo de la geografía en el aula y como herramienta fundamental que contribuye a apoyar el desarrollo de la inteligencia espacial de los alumnos.

Para lograrlo se considera al SIG en su papel aplicativo que apoya una revolución tecnológica (métodos y técnicas) y una revolución intelectual (teoría y epistemología). En este sentido se analiza su surgimiento como resultado del desarrollo científico-tecnológico, los paradigmas geográficos que le brindan sustento, la formación docente necesaria para utilizarlos y los conceptos fundamentales del análisis espacial. El camino recorrido encuentra su síntesis en una propuesta de práctica didáctica orientada a la modelización digital urbana, formalizando conceptos fundamentales en diferentes niveles de complejidad posibles de ser aplicados a la Educación secundaria.

Palabras clave: *Sistemas de Información Geográfica (SIG), Enseñanza de la Geografía, Enseñanza de los SIG.*

Introducción

Las aplicaciones computacionales se han instalado definitivamente en el ámbito de las ciencias y han tomado una posición central en la mayoría de las actividades humanas. Las llamadas tecnologías digitales forman el marco a partir del cual se estructura la sociedad del siglo XXI en cuanto a la cultura, la economía y la forma de pensar la realidad. Es en este contexto en el cual la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) comienza a ocupar un papel destacado.

La tecnología SIG representa el más alto nivel evolutivo tecnológico orientado al estudio de las distribuciones espaciales y permite incorporar características del espacio geográfico a toda disciplina que considere importante abordar la dimensión espacial de sus objetos de estudio.

Aunque inicialmente surgió del trabajo de geógrafos, los SIG se aplican principalmente en el análisis y resolución de problemáticas en la que interviene la rela-

ción entre la sociedad y el espacio geográfico en una gran cantidad de ciencias, por lo cual desde un comienzo fue considerada una herramienta multidisciplinaria.

El espacio geográfico puede ser representado a través de dos grandes componentes. Por un lado los elementos localizados sobre la superficie terrestre y por otro lado los atributos (cuantitativos y cualitativos) que estas entidades poseen. Podríamos decir que en el espacio geográfico se evidencian formas y características.

A nivel computacional esta situación se resuelve mediante la creación de bases de datos gráficas (contienen las formas geométricas) y bases de datos alfanuméricas (contienen los atributos medidos en estas formas). Los SIG integran ambas bases de datos actuando como núcleo de un campo de gran amplitud denominado geoinformática.

Desde sus inicios en la década de los sesenta, a partir de la aparición del Canada Geographic Information System (CGIS) en 1964, la tecnología SIG ha sido definida en cuatro líneas principales:

- Orientación hacia el *entorno de trabajo* como sistema que se basa en el uso de computadoras para el manejo de datos espaciales.
- Orientación hacia su *funcionalidad* como sistema computacional que permite la obtención, almacenamiento, tratamiento y reporte de datos espaciales.
- Orientación hacia su *contenido* como base de datos computacional que contiene información referenciada espacialmente.
- Orientación hacia su *propósito* como sistema computacional que tiene utilidad para analizar la realidad socio-espacial desde un punto de vista científico y que apoya el proceso de toma de decisiones en materia de planificación territorial.

Los libros que abordan el estudio de la tecnología SIG se apoyan en algunas de estas orientaciones, aunque la que se refiere a su funcionalidad es la más generalizada al contemplar los cuatro subsistemas del SIG. “Como síntesis de integración acudimos al trabajo de Teixeira *et al.* (1995:24) quienes tras analizar un conjunto de definiciones las vinculan al considerar a los SIG como: “Conjunto de programas, equipamientos, metodologías, datos y personas (usuarios), perfectamente integrados, de manera que hace posible la recolección de datos, almacenamiento, procesamiento y análisis de datos georreferenciados, así como la producción de información derivada de su aplicación”.

Por las posibilidades de integración y sus grandes capacidades multidisciplinarias, Chorley (1987) afirma que los SIG representan el paso más importante para el tratamiento de la información geográfica desde la invención del mapa.

En este contexto los SIG presentan una alta potencialidad didáctica al superar ampliamente sus posibilidades técnicas. El presente trabajo analiza su rol en el desarrollo científico-tecnológico y sus posibilidades para apoyar la inteligencia

espacial a través de la modelización, se define la orientación teórico-epistemológica de mayor aptitud para una formación docente que permita aprovechar el mejor uso de los SIG en el aula de geografía de la escuela secundaria en la República Argentina como praxeología, se llegue a la formalización de conceptos teóricos de la geografía entendida ésta como ciencia que sustentan los SIG como tecnología de análisis espacial.

La geografía como ciencia y la enseñanza de los Sistemas de Información Geográfica como tecnología

Análisis de la relación entre Educación en Geografía y SIG

Durante la década de los noventa se produjeron en la Argentina importantes cambios en la educación al ser sancionada, en abril de 1993, la *Ley Federal de Educación* como marco jurídico para la Reforma Educativa. Hacia el año 2006 se produce una nueva reforma con ajustes a las transformaciones realizadas en la anterior (Nueva Ley de Educación Nacional No. 26206).

Las reformas y contrarreformas en la estructura y niveles de enseñanza fueron acompañadas principalmente en transformaciones curriculares que se han ido profundizando con el correr de los años en cada una de las diferentes jurisdicciones del país. Bajo estos cambios se fue pasando de enseñar una Geografía General (con su división clásica en Física y Humana) y Geografía Regional, a una Geografía, definida en algunos diseños curriculares provinciales, como Geografía Social, donde el espacio geográfico es considerado una construcción social y como tal se pone más énfasis en la “espacialidad humana” —definida ésta como un “producto socio-histórico de dimensiones económicas, políticas, culturales y simbólicas” (Provincia de Buenos Aires, 2006a:66)—, más que en los aspectos concretos del territorio.

Tomando específicamente como ejemplo los diseños curriculares para la educación secundaria de la Provincia de Buenos Aires, bajo esta perspectiva o enfoque geográfico se propone realizar el análisis de la cartografía deteniéndose en las “imágenes del mundo” para diferentes momentos históricos con la finalidad de trabajar sus elementos fundamentales (escala, símbolos, proyección).

Pero, además, las probables omisiones, deformaciones intencionales o no de la cartografía y de la información representada en ella para poder revelar junto a ellos que los mapas son también un modo de valorizar los lugares, los territorios y las sociedades que viven en ellos. (...) El énfasis puesto en las dimensiones más cualitativas de los mapas intenta presentar un contexto posible de enseñanza que no otorgue centralidades exclusivas a los aspectos técnicos procedimentales para el desarrollo de las habilidades cartográficas sino que contribuya a que el docente y el alumno/a reflexionen sobre la importancia social de los mapas y los valores que competen a su producción. Las dimensiones más técnicas y conceptuales frecuentemente abordadas en el aula

deben ser desarrolladas junto a las otras. (...) (Provincia de Buenos Aires, 2006b:118).

A pesar de esta advertencia los diseños curriculares de la Provincia de Buenos Aires no dejan de poner énfasis también en la necesidad de acompañar a los alumnos en el uso de herramientas de las nuevas tecnologías para que desarrollen "...habilidades y capacidades de un acceso crítico de la información que se pueda encontrar a partir de su uso" (Provincia de Buenos Aires, 2006b:111). Al tiempo que en los diseños curriculares de 4° y 5° año se mencionan a los SIG al proponerse, dentro de los objetivos de aprendizaje:

Indagar en el conocimiento geográfico, de tal modo que pueda desarrollarse mayores y mejores saberes en relación al manejo de la información escrita, estadística y gráfica, así como a las que corresponden a las Nuevas Tecnologías de la Información y la Conectividad (NTIyCx) aplicadas a la disciplina Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Provincia de Buenos Aires, 2006c:6; 2006d:10).

Al respecto cabe mencionar, como se ha analizado en Buzai y Baxendale (1998), que ya en la Reforma Educativa de la década de los noventa los SIG aparecen mencionados dentro de los denominados contenidos procedimentales de la que había sido llamada Educación Polimodal (hoy correspondiente a la educación Secundaria Superior).

La geografía como disciplina ha presentado diferentes visiones paradigmáticas a lo largo de su historia sin que una de ellas llegue a desplazar y reemplazar completamente a la anterior.

A modo de contar con un panorama más detallado de la geografía, para determinar *a posteriori* el enfoque geográfico más pertinente que debería adoptarse para la enseñanza de los SIG, realizamos una breve presentación de las principales perspectivas del pensamiento geográfico, la cual ha sido sistematizada basándonos en tres trabajos de orientación *paradigmática* (Buzai, 1999), *espacial* (Delgado Mahecha, 2003) y *metodológica* (Ostuni, 2001):

Geografía como ciencia humana (principios del siglo XX): surge como resultado de la gran especialización científica lograda hasta finales del siglo XIX. Brinda como resultado una gran cantidad de nuevos campos de estudio a partir de las especializaciones geográficas que fueron agrupados como Ciencias de la Tierra, con lo cual la geografía, como estudio unificado, corrió riesgos de desaparición. El geógrafo F. Ratzel (1844-1904) brinda una salida al considerar que la geografía era el campo de estudio de la relación del hombre con el medio, en este sentido la geografía, sin dejar de lado su componente físico-natural incorporaba un componente humano que la redefinía. Esta conformación se mantiene hasta la actualidad.

Perspectivas clásicas

Geografía Regional (circa década de los veinte): toma como objeto de estudio a la región geográfica, la cual se presenta como una realidad objetiva (única e irreplicable) y marco espacial de delimitación precisa en la cual son estudiados la totalidad de combinaciones que surgen de la relación entre el componente humano y su entorno geográfico. Se producen estudios del paisaje a través de aproximaciones descriptivas.

Geografía Racionalista (circa década de los cuarenta): se considera una actualización de la Geografía Regional. Si bien mantiene el estudio del espacio geográfico en cuanto a su característica de único e irreplicable, la principal diferencia consiste en verlo como una realidad subjetiva, es decir, que se puede construir a través de procedimientos intelectuales precisos. Aparecen caminos metodológicos de regionalización cualitativa a partir de la búsqueda de correspondencias espaciales en la superposición de mapas.

Perspectiva locacional

Geografía Cuantitativa (circa década de los sesenta): bajo esta perspectiva, la Geografía es considerada una ciencia espacial, es decir, que su foco de atención principal está orientado al estudio del espacio geográfico. A diferencia de las dos perspectivas clásicas considera al espacio geográfico en sus aspectos generalizables, lo que le permite la utilización de modelos y leyes científicas. Puede aplicar procedimientos de regionalización cuantitativa a través del uso de la matriz de datos geográfica y cuenta con gran variedad de métodos para el estudio de estructuras espaciales puntuales, lineales y areales en el marco de excelentes posibilidades de aplicación hacia la resolución de problemáticas específicas.

Perspectivas radicales

Geografía Crítica (circa década de los setenta): se sistematiza en base al marco proporcionado por la teoría crítica marxista. Se considera que el espacio geográfico es reflejo y resultado de procesos sociales, económicos y políticos que se encuentran en un nivel espacial, por lo tanto, la resolución de cuestiones espaciales no surge de una focalización geográfica sino al recurrir a las ciencias que analizan de mejor manera la sociedad. Resulta ser una geografía comprometida políticamente con el cambio social de macro-escala y con el objetivo de ayudar al reemplazo del sistema capitalista.

Geografía Humanista (circa década de los setenta): se centra en el análisis de la experiencia humana y con ello las perspectivas de utilización del espacio geográfico a través de sus percepciones, valores y actitudes. La geografía se encarga de estudiar y comprender los mundos individuales con categorías de análisis muy separa-

das de una focalización espacial y con gran afinidad a un abordaje psicológico en donde su objeto de estudio pasa a ser la percepción individual. Corresponde a una visión antropocéntrica de micro-escala que impide generalizar sus hallazgos.

Perspectivas actuales / Revalorización paradigmática

Geografía Posmoderna (circa década de los noventa): revalorización de las perspectivas radicales. Se basa en una crítica a la racionalidad moderna e intenta rescatar el papel central de la dimensión espacial que había quedado en un segundo orden en la Geografía Crítica. Representa una perspectiva teórico-cultural para el entendimiento de la sociedad actual pero carente de metodologías claras para su análisis.

Geografía de los Paisajes (circa década de los noventa): revalorización de las perspectivas clásicas con aporte sistémico del cuantitativismo. Corresponde a la revalorización de la Geografía Física vinculada al importante peso adquirido por la dimensión ambiental en geografía. Busca superar la dicotomía sociedad-naturaleza basándose en el concepto de geosistema (Baxendale, 2010b).

Geografía Automatizada (circa década de los noventa): revalorización de la Geografía Racionalista y de la Geografía Cuantitativa. Corresponde a la teoría y metodologías geográficas incorporadas en los SIG, los cuales permiten la automatización digital de procedimientos. Las perspectivas revalorizadas son aquellas que tienen alcance multidisciplinario en una verdadera Geografía Global (Buzai, 1999). Indica que los SIG no solamente produjeron una importante revolución tecnológica, sino que principalmente permiten una revolución intelectual, desarrollando nuevas posibilidades para comprender el mundo.

Enfoques geográficos fundamentales en el uso de los SIG

Sin duda, los SIG como tecnología se enmarcan en una Geografía que adhiere principalmente a estudios de carácter locacional requiriendo para su análisis e interpretación de los conocimientos que brinda la Geografía clásica y otras disciplinas sociales y naturales. Así entonces, como tecnología, los SIG incorporan teorías espaciales que la Geografía Cuantitativa, junto con otras disciplinas han desarrollado a lo largo de décadas.

Consideramos entonces que la enseñanza de los SIG ayuda a desarrollar en los alumnos un pensamiento e inteligencia espacial que les permite comprender las interrelaciones de fenómenos en el territorio y más ampliamente las relaciones sociedad-naturaleza.

Todo esto adhiriendo a una educación geográfica que pretenda, expresado en forma sintética:

...que los alumnos comprendan la organización del espacio o sus equivalentes conceptuales: superficie terrestre, territorio, paisaje y lugar desde la interrelación de los sistemas físico-ambientales, económicos-sociales, culturales y desde la definición de sus estructuras, que permitan comprender e insertarse en la dinámica de los cambios que los adelantos de la ciencia, la tecnología y la globalización exigen en las distintas escalas territoriales. La didáctica de la geografía cumple un rol fundamental para relacionar la magnitud de la intervención humana en el territorio, con el desarrollo sustentable y la formación ciudadana (Araya, 2009:356).

Objetivos de esta índole quedan plasmados en actuales libros de texto de Geografía como los de Borgognoni y Cacace (2002 y 2010).

Como se ha considerado en algunos libros de texto escolar ya en la década de los noventa (Durán, Baxendale y Pierre, 1996) proponemos como eje conceptual que guíe la organización de los contenidos en Geografía en el aula la premisa “La sociedad organiza el espacio geográfico” entendiendo que la organización del territorio es el resultado de las múltiples interrelaciones entre la sociedad y su medio a través de un proceso histórico bajo ciertas modalidades económicas y diferentes esquemas políticos (Roccatagliata, 1986).

Partiendo de este eje se organizan los contenidos en una red conceptual donde el medio ambiente es entendido como el conjunto de múltiples y complejas relaciones entre las sociedades y el medio natural enseñando los elementos y procesos del medio natural en forma sistémica al interrelacionar los diferentes subsistemas naturales y evaluando los recursos naturales que ofrece para el desarrollo de la población y las actividades económicas como así también los riesgos naturales que presenta y las posibilidades de convertirse en catástrofes.

Por su parte en el estudio de la población y las actividades económicas que encontramos en un espacio geográfico consideramos importante que los alumnos comprendan como su localización, distribución, asociación, interacción y evolución espacial está condicionada por factores ambientales y espaciales, comprendiendo la diferencia entre unos y otros e introduciendo en forma paulatina y gradual al alumno a la lógica de los modelos de localización espacial.

El estudio de los espacios urbanos, rurales e industriales podría encararse desde aspectos más concretos como es el estudio de diferentes paisajes y modos de vida para luego analizar aspectos más abstractos de dichos espacios comparando con procesos y modelos generales de localización de usos del suelo.

El estudio de diferentes circuitos regionales de producción, junto con el trazado de las redes de transporte y la jerarquía de los centros urbanos permite comprender más acabadamente las interacciones y articulaciones entre los diferentes espacios naturales, rurales, urbanos e industriales a diferentes escalas de análisis.

Si bien el énfasis estará puesto en las interrelaciones entre la sociedad y su medio natural, diferentes factores históricos, económicos, políticos, sociales y culturales irán surgiendo en el análisis a medida que se busque comprensiones más acabadas de la organización del territorio bajo estudio.

Priorizando entonces la formación en marcos teóricos para la comprensión de la organización del territorio, los SIG se presentan en el aula no como mera técnica a ser aprendida sino como una tecnología. Los SIG como tecnología permiten el análisis y tratamiento de la información geográfica y, al definir a la Geografía como ciencia de la organización del territorio, la está considerando en su dimensión de ciencia aplicada o ciencia aplicable donde los conocimientos teóricos pueden aplicarse no solamente para generar nuevos conocimientos sino para hacer que estos conocimientos sean útiles a la sociedad (Baxendale, 2010a).

Los desafíos de la escuela frente a la alfabetización digital son muchos y han quedado plasmados en diferentes estudios. En documentos elaborados por el Ministerio de Educación de la Nación se plantea tratar de superar el enfoque artefactual y el enfoque instrumental, consideradas dos modalidades de reducción de la complejidad, en la integración de tecnologías informáticas en el sistema educativo para lograr brindarle a los docentes un marco general en el cual se hagan sugerencias de actividades a realizar, pero que sean diversas y abiertas al juicio del docente quien deberá tomar en cuenta las particularidades de los alumnos y el proyecto institucional en el que las actividades de enseñanza se encuentran insertas (República Argentina, 2007).

Ante este planteo oficial sólo presentan valor educativo los SIG en el aula si se comprende y acepta acabadamente que no son una técnica sino una tecnología para lo cual los docentes que la enseñen deben estar capacitados en principios básicos de teorías y metodologías del análisis espacial racionalista y cuantitativo (Buzai, 2000; Buzai y Baxendale, 2006 y Buzai, 2008).

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en el aula

Los SIG como núcleo de la Geoinformática

La Geografía Automatizada corresponde al proceso por el cual a partir de iniciada la década de los ochenta se incorporan progresivamente nuevos desarrollos en tecnología digital destinados al análisis espacial.

Estas tecnologías digitales presentan una gran variedad de posibilidades de aplicación y los SIG como tecnología de integración se han convertido definitivamente en el principal medio para realizar procedimientos de análisis socio-espacial con el fin de proveer caminos de solución a las problemáticas concretas que demanda una efectiva planificación territorial.

La valorización generalizada de estas aplicaciones ha sido muy importante y su prestigio creció simultáneamente a la incorporación conceptual de las variables de localización (x , y), de atributos (z) y de tiempo (t) en estudios multidisciplinarios. En la práctica, la totalidad de dimensiones se consideran imprescindibles para realizar un análisis lo más completo posible del mundo real.

La transformación del mundo real en un modelo digital con posibilidades de ser, trabajado mediante procedimientos computacionales exige una serie de transformaciones conceptuales que finalizan al nivel de *byte*. Mediante esta fragmentación y estandarización, todo objeto geográfico puede definirse digitalmente a través de una geometría particular (punto, línea, polígono, raster o *x-tree*), una localización precisa en el espacio absoluto (*x-y* o geográficas), una serie de atributos (campos de información-variables o capas temáticas-*layers*) y su existencia en un momento histórico (instante de realización de las mediciones).

Concretar estos aspectos mediante medios computacionales se logra a través de la generación de *bases de datos alfanuméricas* y *bases de datos gráficas*.

Las primeras se encuentran asociadas al almacenamiento de números y letras que representan los atributos de cada entidad ubicada en el espacio geográfico, y los *software* que se utilizan para su tratamiento son los Editores de Textos (EDT), Administradores de Bases de Datos (ABD), Planillas de Cálculo (PLC), Programas de Análisis Estadístico (PAE) y Sistemas de Posicionamiento Global (GPS).¹

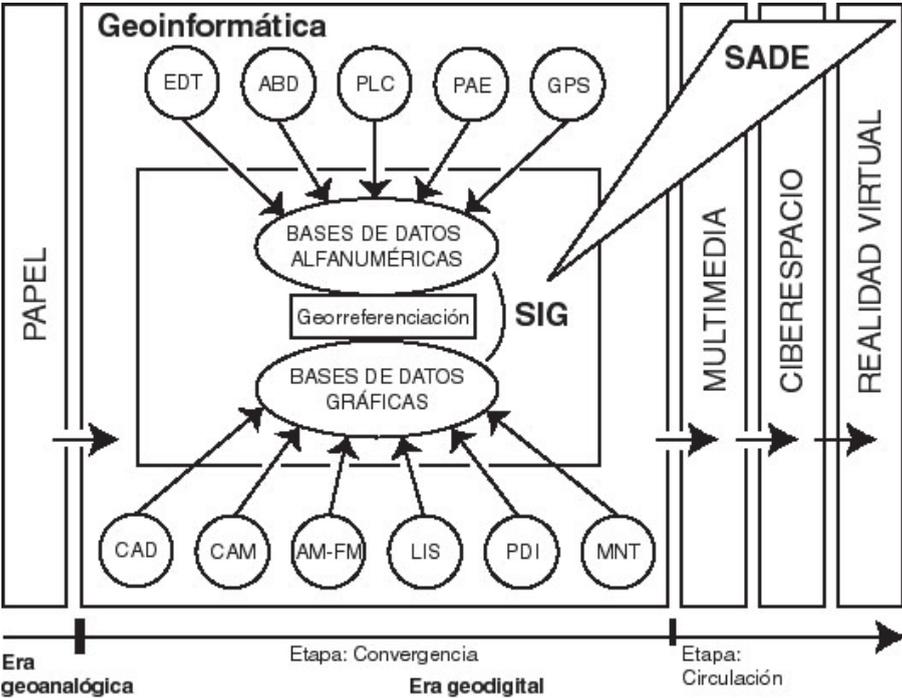


Figura 1. Relaciones Geoinformáticas.
Fuente: Buzai y Baxendale, 2011:102.

¹ Se conserva la sigla en inglés, GPS (Global Positioning System).

Las segundas se encuentran asociadas al almacenamiento de los aspectos geométricos, y los *software* que se utilizan para su tratamiento son los programas de *Diseño Asistido por Computadora (CAD)*, *Mapeo Asistido por Computadora (CAM)*, *Gestión de Infraestructura (AM-FM)*, *Sistema de Información de Tierras (LIS)*, *Procesamiento Digital de Imágenes (PDI)* y *Modelado Numérico de Terreno (MNT)*.² La Figura 1 presenta los vínculos tecnológicos dentro de la Geoinformática.

Cuando se combinan las bases de datos alfanuméricas y gráficas, y se referencian espacialmente a un sistema de coordenadas geográficas (georreferenciación) surge el concepto de SIG. Los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE) se relacionan con la evolución del SIG en cuanto a sus incorporaciones temáticas específicas y en la Figura 1 podemos ver que se vincula a todos los ámbitos que se incluyen en la etapa de circulación. También se puede apreciar de forma gráfica que si salimos de este núcleo hacia sus bordes encontramos diferentes tipos de *software* en una estructura convergente y que en su totalidad forman el campo de la geoinformática.

La geoinformática se convierte en un campo de gran amplitud en el cual se pueden incluir todo tipo de *software* de aplicación y del cual la tecnología SIG es su núcleo al tomar el lugar central. Esto es posible porque la geoinformática no se define a través del tipo de programas computacionales que la integran, sino a través de la clase de información que maneja: información geográfica o *geoinformación*. Por lo tanto, todo tipo de aplicación computacional podría ser incluida, desde las más generales hasta las más específicas, pues todas se relacionan en enlaces de sucesivas vinculaciones que posibilitan la creación de modelos digitales de la realidad.

Como puede verse también en la Figura 1, lo que se ha descrito es la etapa de *convergencia* en la *era geodigital*, convergencia que vislumbraba Dobson (1983) y que hoy se ha cumplido. Sin embargo las relaciones geoinformáticas han superado notoriamente el ámbito de las computadoras personales y sus posibilidades se han ampliado mediante la tecnología multimedia (difusión de Atlas interactivos en CD ROM) y su incorporación a la tecnología de Internet a través del llamado *GIS on line* y sus posibilidades en realidad virtual. Es de destacarse que la etapa de circulación muestra vocación hacia la *NeoGeografía*, como la aparición de nuevas herramientas de exploración de datos geográficos (Ruiz, 2010), por lo que estas aplicaciones pueden comenzar a considerarse como Sistemas de conocimiento geográfico (GKS Geographical Knowledge Systems) (Taylor, 1990).

El ciberespacio puede ser visto como un avance contextual de mayor amplitud, contando con la posibilidad de evolucionar hacia la *realidad virtual* en un conjunto

² Se conservan las siglas en inglés, CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Mapping), AM-FM (Automate Mapping-Facilities Management) y LIS (Land Information System).

de técnicas integradas con tres nodos (Huang, Jiang y Li, 2001): SIG, Internet (I) y Realidad Virtual (RV) que conformarán en el futuro un campo integrado.

Es en este punto donde se encuentra sustentado lo que ha dado lugar a la conformación del campo de estudio de la *cibergeografía* (Buzai, 2000; Toudert y Buzai, 2004) en la cual las futuras líneas de estudio contemplan una conjunción entre las capacidades técnicas, una realidad aumentada, aspectos psicológicos y estructuración del lenguaje en el marco de la mejores capacidades de comunicación espacial (Winter, 2004).

La formación de los docentes para la enseñanza de los SIG en el aula

La formación de los docentes de geografía es una instancia previa fundamental al momento de querer lograr la incorporación de los SIG en el aula. Como se ha mencionado previamente el conocimiento de esta técnica debe transformarse en conocimiento de la tecnología y teorías que incluyen para que su aprendizaje por parte de docentes (y por lo tanto de futuros alumnos) supere la mera capacitación en habilidades de tipo técnica.

El principal obstáculo que se presenta al momento de desarrollar una situación didáctica donde profesores de geografía ya formados intentan capacitarse en SIG, no será el cognitivo sino el epistemológico ante la necesidad de definir claramente los enfoques geográficos vinculados a los procedimientos de análisis espacial que permiten realizar los SIG. Si el docente no tiene conocimiento acerca de los aportes que los SIG pueden brindar para la formación de los alumnos, difícilmente se encuentre motivado para aprender a utilizarlos y a avanzar en el estudio de la geografía que los sustentan.

Del análisis realizado de los diseños curriculares de la Educación Secundaria de la Provincia de Buenos Aires surge claramente que a pesar de que en reiteradas oportunidades se hace referencia a la necesidad de apertura para fomentar la capacidad crítica de los alumnos, los contenidos se estructuran privilegiando una Geografía Social de fuerte basamento cultural y se brinda muy pequeño protagonismo a las perspectivas regionales y locacionales, aquellas que se presentan como base para el desarrollo de la Geografía Automatizada y los Sistemas de Información Geográfica.

Según algunas teorías didácticas el conocimiento es descrito en términos de organizaciones o praxeologías cuyos componentes principales son tipos de tareas, técnicas, tecnologías y teorías. Así entonces se considera que las organizaciones disciplinares se componen de un bloque práctico o “saber hacer” formado por los tipos de tareas y las técnicas, y por un bloque teórico o “saber” (en sentido estricto) formado por el discurso tecnológico-teórico que describe, explica y justifica la práctica (Saidón y Bianchetti, 2009).

Según estas teorías las prácticas no son concebidas como la aplicación de la teoría sino como parte del aprendizaje inseparable de la teoría. Las prácticas se transforman en acciones que concretizan o materializan un conocimiento o saber pero que no son las “aplicaciones” de dichos conocimientos sino parte de su conformación.

El conocimiento puede entonces ser definido como el resultado de un proceso donde interviene la acción, la comunicación, la generalización, la formalización, la puesta a prueba o validación, y la institucionalización en diferentes grados, y en sucesivas aproximaciones en forma dialéctica. Este proceso se encontrará presente tanto sea un conocimiento a ser adquirido en ámbitos escolares, de enseñanza superior y universitaria o bien en las prácticas de investigación científica (Cruz, 2008). Bajo estas teorías en el proceso didáctico se diferencian distintos momentos: de encuentro, de exploración, de trabajo de técnicas, de elaboración de un entorno tecnológico, de comprensión, aprehensión o elaboración de teorías, de institucionalización, de validación y de aplicación.

Conceptos geográficos centrales en el análisis espacial con SIG

Cuando se utiliza un SIG se apela a la Geografía Automatizada y ésta, al basarse en la Geografía Racionalista y la Geografía Cuantitativa, pone al espacio geográfico en el foco de análisis. Esto no se realiza desde un punto de vista discursivo sino que se lo hace actuando de forma concreta en el estudio de los elementos empíricos que nos provee la realidad para la realización de toda investigación aplicada.

Teniendo en cuenta lo que el geógrafo E. de Martone (1873-1955) propuso para delimitar el campo de la disciplina como Principios Geográficos (Vilá Valentí, 1983) podemos ver que existe una clara correspondencia entre ellos y los cinco conceptos fundamentales del análisis espacial (Buzai, 2010): localización, distribución espacial, asociación espacial, interacción espacial y evolución espacial.

Localización: todas las entidades (con sus atributos asociados) tienen una ubicación específica sobre el espacio geográfico. Esta ubicación puede ser vista de dos formas diferentes. Si se apela al denominado espacio absoluto corresponde a un sitio específico y fijo de emplazamiento sustentado por la topografía local y si se apela al denominado espacio relativo corresponde a una posición específica y cambiante respecto de otros sitios con los cuales se pueden establecer vínculos funcionales.

Distribución espacial: el conjunto de entidades de un mismo tipo se reparten de una determinada manera sobre el espacio geográfico. Estas pueden ser puntos, líneas y polígonos (áreas) con sus diferentes atributos asociados.

Asociación espacial: corresponde al estudio de las semejanzas encontradas al comparar diferentes distribuciones espaciales. La forma de comparación visualmen-

te más clara y directa es la que corresponde a la construcción de regiones por superposición cartográfica. Desde un punto de vista cuantitativo estas asociaciones pueden ser medidas a través de coeficientes de correlación en las unidades espaciales del área de estudio.

Interacción espacial: es la estructuración de un espacio relacional en el cual las localizaciones (sitios), distancias (ideales o reales) y vínculos (flujos) resultan fundamentales en la definición de espacios funcionales. Corresponde a los principios básicos del análisis sistémico desde un punto de vista espacial.

Evolución espacial: corresponde a la incorporación de la dimensión temporal a través de las transiciones de configuraciones espaciales de un momento a otro. Los estudios geográficos son básicamente abordajes del presente. El tiempo hacia el pasado nos muestra cómo fue la génesis de las configuraciones presentes y existen modelizaciones que pueden proponer situaciones a futuro.

Los SIG han brindado renovado vigor a estos conceptos porque los han hecho operativos a través del análisis digital de la información geográfica. Queda claramente establecido que en la teoría los SIG promueven una geografía como ciencia espacial que desde un punto de vista aplicado encuentra utilidad en el apoyo a la comprensión sistémica de la dimensión espacial.

Sistematización conceptual de una práctica didáctica en geografía basada en el uso de Sistemas de Información Geográfica

Desarrollo conceptual

Los siguientes elementos de práctica didáctica se exponen a modo de ejemplo para su desarrollo en el aula con alumnos de nivel secundario de diferentes años dado que se va avanzando progresivamente hacia mayores niveles de abstracción tanto en el análisis teórico como en la resolución de tareas. En esta propuesta considera el caso de la modelización digital del espacio urbano.

Punto de partida: instancia de conocimientos previos de los alumnos:

- ¿Qué criterios se conocen o utilizan para diferenciar los espacios urbanos y rurales? ¿Qué factores predominan en dichos criterios?
- ¿Qué diferencia conceptual podría existir entre localidad y ciudad?
- ¿Qué criterios pueden ser propuestos para construir una definición de localidad desde un punto de vista espacial?
- ¿Según observaciones empíricas cómo suelen variar las densidades de edificación o niveles de ocupación de construcciones en el interior de una localidad?
- ¿Qué asociación de fenómenos espaciales y ambientales en el territorio podrían explicar esas variaciones?
- ¿Qué factores no espaciales podrían incidir en esas variaciones?

Objetivos de la práctica

Saber (en sentido estricto): corresponde a la posibilidad de llegar progresivamente a la formalización de conceptos teóricos en dos campos, 1) Geografía Urbana: espacio urbano y rural, localidad, ciudad, aglomeración, densidad de ocupación y modelos urbanos, y 2) Análisis Espacial: diferenciación entre factores espaciales y ambientales, conceptos de localización, distribución, asociación, concentración y de auto correlación espacial.

Saber hacer: corresponde a las tareas que serán encaradas y al uso de técnicas para poder realizarlas, se incluye la, 1) búsqueda de imágenes satelitales del área de estudio por Internet y determinación de la escala más adecuada para su análisis visual, 2) realización de cartografía de base mediante la digitalización del amanzanado o conjunto de manzanas (polígonos) del área en estudio, 3) clasificación de los polígonos mediante números identificatorios de las variables a ser construidas y analizadas espacialmente, 4) realización de cartografía temática en colores graduados, 5) búsqueda de asociaciones visuales entre la distribución espacial de las clases y otros factores espaciales y/o ambientales del área de estudio que pueden apreciarse en la imagen (ejemplo: vías de comunicación, topografía, hidrografía), que no puedan verse pero que se conozcan (ejemplo: usos del suelo) o con factores que no sean ni espaciales ni ambientales (ejemplo: normativas, indicadores urbanísticos), y 6) utilización de modelos espaciales para la interpretación de los resultados.

Entorno tecnológico: corresponde a los programas computacionales de obtención gratuita que serán utilizados en la resolución, como 1) Google Earth (© Google. Google Earth: <<http://earth.google.com/earth/index.html>>) como fuente primaria para la obtención de información y su digitalización a partir del análisis visual de imágenes satelitales, y 2) Software SIG de distribución libre como Quantum GIS (<http://www.qgis.org>), gvSIG (Asociación gvSIG: <<http://www.gvsig.org/web/>>) o AEJEE (ArcExplorer Java Edition for Education, ESRI Education: <<http://edcommunity.esri.com/software/aejee/>>) para la incorporación de la digitalización en el entorno SIG y la realización de cartografía temática.

El desarrollo conceptual presentado se plasma a través de la práctica con objetivo de resolución técnico-metodológica apoyada mediante el uso del software incluido como entorno tecnológico.

Desarrollo técnico-procedimental

Determinación del área de estudio

Utilización de Google Earth para seleccionar la ciudad y su más adecuada escala visual: 1) colocar su nombre en el panel de búsqueda, 2) utilizar la herramienta de ampliación (zoom) para determinar la escala de visualización (visión en altura des-

de la superficie terrestre) y 3) definir si se digitalizará por manzana o por bloques (polígonos) de cuatro manzanas.

Digitalización del área de estudio

Mediante Google Earth, utilizar la imagen satelital urbana como imagen de fondo y sobre ella digitalizar los polígonos urbanos para el análisis de la estructura interna de la ciudad: 1) digitalizar las entidades poligonales del área de estudio a través de opciones de dibujo, y 2) grabar la digitalización en un archivo de extensión .KML (Keyhole Markup Language, formato estándar de Google Earth).

Incorporación de la base cartográfica al SIG

La digitalización realizada en formato .KML puede ser importada directamente al Sistema de Información Geográfica libre de distribución gratuita Quantum GIS, sistema que posibilita desplegarlo en pantalla y transformarlo a formato .SHP (*shape*) con la finalidad de poder acceder a trabajar con su tabla de atributos asociada.³

Clasificación de los polígonos y cartografía temática con SIG

Corresponde al procedimiento clasificatorio que se concretiza a partir del análisis visual de la imagen satelital. Se operativiza con la utilización de Quantum GIS con el cual: 1) se clasifican los polígonos incorporando en la base de datos alfanumérica una nueva columna que contenga un valor absoluto correspondiente al análisis visual de la imagen, en este caso, de la cantidad de construcciones por manzana, 2) la realización de una segunda columna a través del cálculo de porcentaje, en este caso un porcentaje de ocupación considerando un valor máximo de posibles construcciones por manzana y 3) la realización de cartografía temática (en una rampa de colores o colores graduados) para realizar los mapas de cantidad de construcción y densidad de ocupación.

A partir de los resultados obtenidos desde un punto de vista técnico,⁴ se ha recorrido el camino que va desde la Geografía Regional (Análisis visual y descriptivo), Geografía Racionalista (Construcción regional), Geografía Cuantitativa y Geografía

³ SHP es un formato estándar mundial de bases de datos SIG difundido a través de los sistemas vectoriales comerciales ArcView GIS / ArcGIS (© ESRI - Environmental Systems Research Institute, < <http://www.esri.com>>).

Por otro camino metodológico, y sin necesidad de contar con estos sistemas comerciales, la transformación de formato .KML a .SHP se puede realizar *on line* a través del sitio <<http://www.zonums.com/online/kml2shp.php>>

⁴ Se ha realizado un documento técnico titulado “Guía práctica didáctica. Modelizando la ciudad paso a paso”. Presenta los comandos y el camino técnico hacia la obtención de los resultados de la aplicación presentada con el uso combinado de Google Earth y Quantum GIS. El documento puede solicitarse a los autores.

Automatizada (Clasificación y análisis modelístico) con la totalidad de conceptos centrales que estas perspectivas incluyen.

Observaciones finales

A lo largo de los puntos tratados en el presente trabajo surge con claridad que los SIG han hecho su aparición como artífices de una revolución tecnológica que rápidamente se convirtió en una revolución intelectual. La primera estuvo basada en la estandarización de métodos y técnicas, y la segunda fue conformada a través de los elementos teóricos incorporados para el análisis de la dimensión espacial.

La Geografía es una ciencia de gran amplitud. A lo largo del siglo XX podemos ver una sucesión paradigmática con periodos regulares de casi dos décadas y, las diferentes perspectivas, actualmente confluyen en tres grandes líneas que corren de forma paralela focalizándose en diferentes niveles de análisis.

Los SIG, basándose en la Geografía Racionalista y la Geografía Cuantitativa, tienen un claro nivel de focalización espacial, en el cual los conceptos de localización, distribución, asociación, interacción y evolución espacial toman un lugar central en los procedimientos de análisis espacial.

En la última década estamos ingresando a una etapa dominada por la NeoGeografía, una geografía que tiene importante presencia en el medio tecnológico digital global de la actualidad. Es una geografía al alcance de todos, donde las TIG cumplen un papel de suma importancia.

En este sentido la incorporación de los SIG en la enseñanza secundaria resulta de gran utilidad como basamento para el desarrollo de la inteligencia espacial de los alumnos, aunque para ello deben ser incorporados los aspectos teórico-metodológicos que le brindan sustento.

La propuesta de práctica didáctica presentada intenta poner en evidencia estas cuestiones, realizando un recorrido amplio por estas geografías. La Geografía Regional en la utilización de técnicas de análisis visual en imágenes satelitales, la Geografía Racionalista en los caminos de la digitalización que pone límites en el espacio geográfico y la Geografía Cuantitativa junto a la Geografía Automatizada que permiten generar resultados modelísticos en la información espacial.

El uso de un SIG no se resuelve únicamente ante el uso de comandos. La mejor utilización de estos sistemas solamente se hará aprendiendo y haciendo Geografía. Una geografía que debería ampliar el enfoque teóricamente limitado que presentan los diseños curriculares analizados para que, en una verdadera perspectiva multiparadigmática, se logre brindar el abanico de posibilidades que favorezca realmente la capacidad crítica de los alumnos.

Bibliografía

- Araya, F.R., "Perspectivas en la enseñanza de la Geografía escolar y universitaria", *Globalización y territorio: reflexiones geográficas en América Latina*, Delgado, O. y Cristancho, H. (eds.), pp. 341-359, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2009, 410 pp.
- Baxendale, C., "Geografía, organización del territorio y Sistemas de Información Geográfica", *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*, Buzai, G. (ed.), pp. 37-49, GESIG-UNLU, Universidad Nacional de Luján, Buenos Aires, 2010, 704 pp.
- , "El estudio del paisaje desde la Geografía. Aporte para reflexiones multidisciplinares en las prácticas de ordenamiento territorial", *Fronteras*, vol. 9, núm. 9, pp. 25-31, 2010.
- Borgognoni, M. y Cacace, G., *Geografía argentina*, Stella, Buenos Aires, 2002.
- , *Geografía I*, Stella, Buenos Aires, 2010.
- Buzai, G., *Geografía global*, Lugar Editorial, Buenos Aires, 1999.
- , *La exploración geodigital*, Lugar Editorial, Buenos Aires, 2000.
- , *Sistemas de Información Geográfica (SIG) y cartografía temática. Métodos y técnicas para el trabajo en el aula*, Lugar Editorial, Buenos Aires, 2008.
- , "Análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica: sus cinco conceptos fundamentales", *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*, Buzai, G.D. (ed.), pp. 163-195, GESIG-Universidad Nacional de Luján, Luján, 2010.
- Buzai, G., y Baxendale, C., "Perspectivas para la enseñanza de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Educación Polimodal", *CONSUDEC*, parte I, núm. 833, p. 42; parte II, núm. 834, p. 40 y parte III, núm. 835, p. 42, 1998.
- , "Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica", Lugar Editorial, Buenos Aires, 2006.
- , "Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica, tomo 1: Perspectiva científica / Temáticas de base raster", Lugar Editorial, Buenos Aires, 2011.
- Cruz, M.R., "El Sistema de Información Geográfica como herramienta de disección y síntesis desde la perspectiva lógico-metodológica del proceso de investigación", *Anuario de la División Geografía 2007-2008*, Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Luján, Luján, pp. 299-309, 2008.
- Chorley, R., "Handling Geographic Information. Report of the Committee of Enquiry chaired by Lord Chorley", Department of Environment, Her Majesty's Stationery Office, London, 1987.
- Delgado Mahecha, O., "Debates sobre el espacio en la geografía contemporánea", Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2003.

- Dobson, J.E. "Reply to Comments on "Automated Geography", *The Professional Geographer*, vol. 45, núm. 4, pp. 431-439, 1983.
- Durán, D., Baxendale, C. y Pierre, L., "Las sociedades y los espacios geográficos", Troquel, Buenos Aires, 1996.
- Huang, B., Jiang, B., y Li, H., "An integration of GIS, Virtual Reality and the Internet for visualization, analysis and exploration of spatial data". *International Journal of Geographic Information Scienc*, vol. 15, núm. 5, pp. 439-456, 2001.
- Ostuni, J., "Metodología en Geografía: investigación en el Departamento e Instituto de Geografía", *Anales de la Academia Nacional de Geografía*, núm. 25, Academia Nacional de Geografía, Buenos Aires, pp. 89-104, 2001.
- Provincia de Buenos Aires, "Diseño curricular para la Educación Secundaria. 1º Año ESB", Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, La Plata, 2006, <<http://abc.gov.ar/lainstitución/organismos/consejogeneral/diseñoscurriculares>>.
- , "Diseño curricular para la Educación Secundaria. 2º Año ESB", Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, La Plata, 2006, <<http://abc.gov.ar/lainstitución/organismos/consejogeneral/diseñoscurriculares>>.
- , "Diseño Curricular para la Educación Secundaria Ciclo Superior. 4º Año ESS", Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, La Plata, 2006. <<http://abc.gov.ar/lainstitución/organismos/consejogeneral/diseñoscurriculares>>.
- , "Diseño Curricular para la Educación Secundaria Ciclo Superior. 5º Año ESS", Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires, La Plata, 2006, <<http://abc.gov.ar/lainstitución/organismos/consejogeneral/diseñoscurriculares>>.
- República Argentina, "Acceso universal a la alfabetización digital. Políticas, problemas y desafíos en el contexto argentino". Serie: La Educación en *Debate, Documentos de la DiNIECE 5*, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, Dirección Nacional de Información y Evaluación de la Calidad Educativa, 2007.
- Roccatagliata, J.A., *Argentina. Hacia un nuevo ordenamiento territorial*, Pleamar, Buenos Aires, 1986.
- Ruiz, E., "El impacto de las tecnologías de la información geográfica en la Cartografía y Geografía: Reflexiones sobre 20 años de Sistemas de Información Geográfica", *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*, Buzai, G.D. (ed.), GESIG-UNLu, Luján, pp. 51-64, 2010.
- Saidón, L., y Bianchetti, A., "Fichas de cátedra. Seminario-Taller de Pedagogía", PROPUR-FADU-UBA, Buenos Aires, 2009.

- Taylor, P.J., "Editorial Comment: GKS", *Polish Geography Quarterly*, núm. 9, pp. 211-212, 1990.
- Teixeira, A.L.A., Matías, L., Noal, R. y Moretti, E., "Qual a melhor definicao de SIG", *FatorGIS*, vol. 3, núm. 11, pp. 20-24, 1995.
- Toudert, D. y Buzai, G., *Cibergeografía*, Editora de la Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, 1994, 231 pp.
- Vilá Valentí, J., *Introducción al estudio teórico de la Geografía*, Ariel, Barcelona, 1983.
- Winter, S. "Communication about space", *Transactions in GIS*, vol. 8, núm. 3, pp. 291-296, 2004.