

Sistemas de Información Geográfica

Gustavo D. Buzai
Claudia A. Baxendale
Luis Humacata
Noelia Principi

Sistemas de Información Geográfica

Cartografía temática y análisis espacial

 **Lugar**
Editorial

Sistemas de Información Geográfica : cartografía temática y análisis espacial / Gustavo Daniel Buzai ... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Lugar Editorial, 2016. 152 p. ; 23 x 16 cm. ISBN 978-950-892-511-4 1. Geografía. I. Buzai, Gustavo Daniel CDD 910

Edición y corrección: Mónica Erlich
Diseño de tapa: Silvia C. Suárez

© Gustavo Buzai

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este libro, en forma idéntica o modificada y por cualquier medio o procedimiento, sea mecánico, informático, de grabación o fotocopia, sin autorización de los editores.

ISBN: 978-950-892-511-4
© 2016 Lugar Editorial S. A.
Castro Barros 1754 (C1237ABN) Buenos Aires
Tel.: (54-11) 4921-5174 / 4924-1555
lugar@lugareditorial.com.ar
www.lugareditorial.com.ar
facebook.com/Lugareditorial

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.723
Impreso en la Argentina – Printed in Argentina

Índice

Introducción	7
Parte I: Teoría	
Capítulo 1: Teoría de los Sistemas de Información Geográfica	
1.1. Aparición de los SIG como hito de la Geografía	11
1.2. El debate fundacional	12
1.3. Actualidad de la Geografía Automatizada en el ámbito de los SIG	14
Capítulo 2: Sistemas de Información Geográfica	
2.1. Definición	17
2.2. Componentes	19
2.3. Estructuras básicas de representación espacial	21
2.4. El modelo vectorial	24
2.5. Lógicas en el tratamiento de datos espaciales en sistema vectorial	26
Capítulo 3: Cartografía temática	
3.1. Definición	29
3.2. Elementos cartográficos	30
3.3. Variables visuales.....	31
3.4. Cartografía de datos estadísticos	35
3.5. Métodos para la determinación de intervalos de clase.....	35
3.6. Proyecciones.....	38
3.7. Latitud y longitud en el sistema Gauss-Kruger.....	43
Capítulo 4: Análisis espacial	
4.1. La Geografía y el análisis espacial	45
4.2. Conceptos básicos del análisis geográfico	46
4.3. Análisis geográfico y modelos de localización.....	48
4.4. Preguntas conceptuales como guía para la realización de los ejercicios prácticos.....	49
4.5. Síntesis	55

Parte II: Ejercicios de aplicación

Capítulo 5: Componentes para la realización de las prácticas	
5.1. Base de datos geográfica del área de estudio. Partidos de la cuenca del río Luján.....	59
5.2. Sistema de Información Geográfica	60
5.3. Interfase gráfica del SIG.....	61
5.4. Síntesis de los procedimientos realizados	62
Capítulo 6: Cartografía temática	
6.1. Práctica 1: Carga de mapas, visualización y consultas básicas.....	67
6.2. Práctica 2: Cartografía temática. Clasificación	73
6.3. Práctica 3: Cartografía temática. Combinación de capas temáticas.....	78
6.4. Práctica 4: Composición cartográfica.....	85
Capítulo 7: Análisis espacial	
7.1. Práctica 5: Mediciones, consultas y tipos de selección	97
7.2. Práctica 6: Áreas de influencia por <i>buffer</i>	107
7.3. Práctica 7: Áreas de influencia por Voronoi	112
7.4. Práctica 8: Cálculo de índices.....	117
7.5. Práctica 9: Clasificación espacial	132
Nota a los lectores	145
Bibliografía	147

Introducción

La incorporación de procedimientos computacionales se ha vuelto imprescindible para la enseñanza y el estudio de la ciencia y la tecnología. La Geografía en general y todas las disciplinas que comienzan a incorporar la *dimensión espacial* en sus estudios se han visto altamente beneficiadas con este proceso.

El mapa, que se ha considerado tradicionalmente como el lenguaje de la Geografía, ha evolucionado en flexibilidad y dinamismo a través de la incorporación de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Actualmente una tecnología de divulgación masiva que se encuentra al alcance de todos.

Estamos transitando el momento en el cual la relación entre Geografía y Cartografía llegó a un nuevo estadio de desarrollo en el cual la tecnología SIG ocupa un lugar central. Esta tecnología permite ampliar notablemente las capacidades en el almacenamiento de datos y posibilita tener mayor eficiencia en su tratamiento, porque la estructura de la nueva cartografía en forma de *capas temáticas* ha sido el primer paso en la difusión de nuevos procedimientos de análisis espacial.

La utilización de tecnologías digitales para el tratamiento de los datos geográficos implica el uso de herramientas de suma utilidad para el trabajo técnico, pero principalmente favorece el desarrollo conceptual de una lógica de pensamiento espacial. Estos abordajes resultan de gran importancia cuando son aplicados en la enseñanza de métodos de análisis de la dimensión socioespacial.

El libro *Sistemas de Información Geográfica. Cartografía temática y análisis espacial* avanza hacia una Geografía Aplicada, es decir, la aplicación de conocimientos geográficos orientados a la resolución de problemáticas socioespaciales (Buzai, 2013).

El libro se divide en dos partes que contienen en su totalidad siete capítulos. En la Parte I (Teoría) se desarrollan los aspectos conceptuales correspondientes a la teoría de los Sistemas de Información Geográfica (capítulo 1), Sistemas de Información Geográfica (capítulo 2), Cartografía temática (capítulo 3) y Análisis espacial (capítulo 4). En la Parte II (Ejercicios de aplicación) se desarrollan aspectos introductorios a las prácticas en Sistemas de Información Geográfica (capítulo 5), prácticas orientadas a la Cartografía temática (capítulo 6) y al Análisis Espacial (capítulo 7).

A lo largo de estas páginas el lector trabajará ligando la teoría y la aplicación con un material que presenta las siguientes características:

- Desarrollo de una síntesis de aspectos teóricos geográficos necesarios para la resolución de las prácticas.
- Prácticas a través de procedimientos técnicos en Sistemas de Información Geográfica mediante el sistema *Quantum GIS*.

Este libro es el resultado de una larga línea evolutiva de libros de Sistemas de Información Geográfica orientados al estudio de los SIG en diferentes niveles de enseñanza: Buzai y Durán (1997)¹, Buzai (2000), Buzai y Baxendale (2006), Buzai (2008), Buzai y Baxendale (2011, 2012) y Buzai et al. (2013). El presente libro rescata tratamientos de cartografía temática y análisis espacial de probada implementación para la enseñanza secundaria.

Asimismo, en los últimos años se ha generado una línea de estudio y transferencia al nivel medio sobre la base del trabajo realizado por los autores en el *Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica* (GESIG) de la Universidad Nacional de Luján, institución en la que se dictan clases de Sistemas de Información Geográfica en la carrera de Profesorado en Geografía. De estos trabajos podemos destacar los siguientes: Buzai et al. (2011), Humacata y Cáceres (2013), Buzai et al. (2014) y Humacata y Buzai (2014).

Finalmente, quisiéramos agradecer a Lugar Editorial por apoyar nuestras tareas de investigación y divulgación de la producción académica realizada y expresar el deseo de que este trabajo contribuya a la comprensión y la incorporación de la *dimensión espacial* en el pensamiento y en los procedimientos de análisis espacial que el proceso enseñanza-aprendizaje requiera desde diferentes disciplinas científicas con base geográfica.

El desarrollo cognitivo de una importante *inteligencia espacial* se convierte, en este siglo, en el punto central para que las nuevas generaciones puedan comprender mucho mejor el mundo que los rodea.

Parte I

Teoría

1 Los libros publicados en los años 1997 y 2008 fueron premiados por la Fundación El Libro (<http://www.el-libro.org.ar>) en la Feria Internacional del Libro de Buenos Aires. Mención de Honor en el *Premio al libro de educación* en la categoría de Obras sobre prácticas y experiencias en el aula.

Capítulo 1

Teoría de los Sistemas de Información Geográfica

1.1. Aparición de los SIG como *hito* de la Geografía

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son al mismo tiempo una herramienta tecnológica y una síntesis conceptual producto de varias décadas de desarrollo teórico en cuanto a la forma de mirar, pensar y construir conocimiento acerca de la realidad socio-espacial. En el ámbito de la Geografía, como ciencia, están produciendo, al mismo tiempo, una *revolución teórica* y una *revolución intelectual*.

La primera revolución se encuentra relacionada con nuevos procedimientos metodológicos y técnicos para el tratamiento de datos espaciales y la segunda con la forma de pensar la realidad en apoyo a un mayor desarrollo del *pensamiento espacial* de las nuevas generaciones, tema tratado ampliamente en la investigación coordinada por Downs (2006).

Estas orientaciones corresponden a los tres GIS con los que hemos ingresado al siglo XXI: *Geographic Information Systems / Science / Society* (Burrough y McDonell, 1998) y sobre los que se debe trabajar en conjunto para lograr la mejor educación en SIG (Alzate, 2000). La sociedad actual se presenta cada vez más demandante de información referenciada, espacialmente para el conocimiento del entorno y, técnicamente, las posibilidades existentes son muy amplias.

Libros introductorios sobre SIG comienzan a ligar este desarrollo con los de la Geografía Humana (Schuuman, 2004). En trabajos anteriores hemos analizado el camino recorrido desde la definición de la Geografía como ciencia humana a finales del siglo XIX hasta la aparición de la Geotecnología (Buzai, 1999; 2000) y la aparición actual de la Geotecnósfera (Buzai y Ruiz, 2012; Buzai, 2014). A continuación simplemente destacaremos tres *hitos* en cuanto a las construcciones teóricas fundamentales que hoy encontramos en el interior de los SIG:

- A finales de la década de 1930 aparece una postura racionalista como postura de actualización de la Geografía tradicional de vertiente regional. De esta perspectiva destacamos la aparición del concepto de *área* y que la región no se considera una realidad objetiva, sino que se construye a través de procedimientos intelectuales precisos. La ciencia quedaba definida por su método y la Geografía encontraba su especificidad a través del método de construcción de áreas únicas e irrepetibles.
- A mediados de la década de 1950, a causa de la necesidad de reconstrucción territorial con posterioridad a la II Guerra Mundial, la carrera espacial y la llamada “guerra fría” de posguerra entre EE.UU. y la ex URSS, se promueve un gran apoyo a las ciencias físico-matemáticas que impactan en la Geografía. Es el momento de aparición de la llamada *Geografía Cuantitativa*. El concepto de área se sustituye por el de *unidad espacial* y la construcción regional utiliza métodos matemáticos y estadísticos en la generación de modelos de regiones generalizables.
- A inicios de la década de 1980 surge una nueva perspectiva basada en la automatización digital de los procedimientos geográficos denominada *Geografía Automatizada*. Esta rama de la Geografía se produce por los notables adelantos tecnológicos de la computación que han sido incorporados por la Geografía para brindar una nueva visión del mundo al resto de las ciencias. Es lo que dio lugar a la Geografía Global (Buzai, 1999) basada en el *paradigma geotecnológico*.

Con esta última perspectiva ingresamos al siglo XXI. La *Geografía Automatizada* presenta una visión digital del mundo para su tratamiento y análisis mediante las tecnologías computacionales. Siendo que su definición y su visión asociada se han producido a inicios de la década de 1980; ya lleva poco más de veinticinco años de evolución y con ello un avance tecnológico que la ha puesto al alcance de todos.

1.2. El debate fundacional

Aunque en la década de 1960 existieron algunos trabajos pioneros que analizaron la relación entre Geografía y Computación, recién en los inicios de la década de 1980 se produjo un debate formal acerca del impacto que las tecnologías informáticas traerían a la Geografía como actividad científica.

El trabajo inicial pertenece a Dobson (1983a) y surge de su reflexión acerca de los notables avances experimentados en materia computacional

que, según el autor, permitieron automatizar la mayoría de los procedimientos geográficos utilizados para la resolución de problemáticas espaciales. Por ese motivo presenta la aparición de la *Geografía Automatizada* como campo de aplicación tecnológica que surge con grandes ventajas respecto del trabajo geográfico tradicional.

Si bien Dobson (1983a, b) incluye inicialmente consideraciones muy optimistas sobre el futuro desarrollo de esta especialidad, no deja de reconocer algunos inconvenientes que tienen que ver con la posible pérdida de rigor teórico a partir de un gran desarrollo metodológico o la orientación hacia la selección de variables y trabajos de fácil automatización, dejando de lado perspectivas que también puedan resultar interesantes.

A inicios de la década de 1980, la integración computacional era una tarea técnica pendiente, y diez años más tarde Dobson (1993) afirma que esta había comenzado a cumplirse a través de las nuevas capacidades de los SIG. Con relación a este último aspecto podemos afirmar que hoy se ha convertido en una realidad bajo el concepto de *Geoinformática*.

En el mismo número de la revista *The Professional Geographer* (Vol. 35, N° 2) donde fuera publicado el trabajo inicial de Dobson (1983a), aparecen opiniones de geógrafos invitados. La mayoría de ellos no consideran que los SIG formen un nuevo paradigma de la Geografía como nueva perspectiva de mirada de la realidad, y lo piensan únicamente como un adelanto tecnológico (Cromley, Marble, Moellering, Peuquet, Poiker y Stetzer) que no ha logrado mejores resultados que los producidos por la *Geografía Cuantitativa* (Poiker). Cabe mencionar que otros autores destacan el carácter interdisciplinario de la tecnología y en este sentido afirman que brinda una excelente posibilidad para que la Geografía ocupe un lugar reconocido en el contexto de las ciencias (Kellerman, Monmonier).

Estos comentarios tienen una posterior respuesta en Dobson (1983b) quien reafirma su posición al considerar que los inconvenientes mencionados serán superados y se afianzará la nueva perspectiva como disciplina particular que utiliza sistemas cibernéticos, humanos y electrónicos para el análisis de los sistemas físicos y naturales.

Una década más tarde, la revista *The Professional Geographer* (vol. 45, N° 4) reanuda el debate en un foro abierto titulado *Automated Geography in 1993* a fin de realizar un balance actualizado luego de haber transcurrido una década.

Dobson (1993) afirma que la integración de los sistemas ha comenzado a producirse a través del desarrollo de la tecnología SIG y avanza teóricamente al considerar que su correcto uso se podría lograr a partir de la teoría y principalmente del avance conceptual logrado por las *Ciencias de la Información Geográfica* (Goodchild, 1992).

Sin considerar la aparición de un nuevo paradigma, Dobson (1993) reconoce que el tema fue tratado principalmente como una *revolución*

tecnológica y que se avanzó muy poco respecto de su consideración como *revolución científica*, y esto ha comenzado a verificarse a través del plano de desarrollo de una inteligencia espacial que comienza a ocupar un espacio destacado junto a las capacidades lingüísticas y lógico-matemáticas que tradicionalmente privilegió la enseñanza.

Por lo que se ha apreciado, existe un camino de análisis que va desde lo técnico-metodológico hacia lo teórico, en donde podemos destacar que se produce un nuevo límite en los alcances de la Geografía (Pickles, 1993), límite que fue ampliándose hasta la actualidad.

1.3. Actualidad de la Geografía Automatizada en el ámbito de los SIG

En el libro *Geografía Global* (Buzai, 1999, 2004) se ha analizado extensamente la evolución teórica del desarrollo geográfico y la aparición de una *Nueva Geografía* que impacta notablemente en muchas ciencias y en gran cantidad de prácticas sociales que se interesan por incorporar la dimensión espacial.

En el camino histórico transcurrido que pasó por las posturas racionalistas, cuantitativas y automatizadas se ha verificado un hilo conductor: el interés de realizar modelos y conocer las leyes que rigen las pautas de distribución espacial no solamente con la finalidad de comprender la configuración del espacio geográfico, sino también para actuar de forma *aplicada* en procedimientos de gestión y planificación territorial.

Podemos decir que la postura racionalista, en cuanto a los métodos de superposición temática, y la cuantitativa, en cuanto al tratamiento numérico de las bases de datos de atributos, generaron las bases de la automatización digital en nuevos entornos de interfase con la realidad, y esto ha llevado una evolución de pensamiento que va desde una perspectiva estrictamente técnica hacia una apertura de mayor alcance conceptual.

Los SIG han incorporado conceptos geográficos en el ambiente digital y, con la difusión interdisciplinaria experimentada, han trasladado estos saberes a otras ciencias. Es un proceso en el cual la Geografía brinda la posibilidad de lograr una *visión espacial* generalizada a otros campos de conocimiento y aplicación como nuevas visiones de la realidad.

En este sentido, la difusión de los SIG en usos amplios y actividades de gran valorización hace que muchos profesionales no-geógrafos puedan *hacer* Geografía sin conocer los aspectos conceptuales incorporados en estos sistemas con los riesgos que esto implica. Es responsabilidad de los geógrafos enseñar la Geografía que está dentro de los SIG y que ha

logrado una difusión mundial en lo que hemos denominado *Geografía Global*.

Estamos en el período de la *Geografía Global* y con ello en un momento en el cual desde diferentes sectores se están generando campos de estudios transdisciplinarios en los cuales el espacio geográfico toma el lugar de dimensión central (Bosque Sendra, 1999, 2005; Buzai, 2005, 2012); asimismo, las tecnologías de la información geográfica están siendo ubicuas en un contexto tecnológico digital global que forma la Geotecnósfera (Buzai y Ruiz, 2012; Buzai, 2014). Es difícil, por lo tanto, no enfrentarnos en nuestras actividades con cuestiones geográficas digitales, incluso hasta para resolver cuestiones de la vida cotidiana. En este contexto, el SIG tendrá utilidad para enseñar y aprender conceptos geográficos, producir conocimientos científicos y resolver problemas espaciales. Sobre estos aspectos se avanzará en los puntos siguientes.