

GEOGRAFÍA, GEOTECNOLOGÍA Y ANÁLISIS ESPACIAL: *TENDENCIAS, MÉTODOS Y APLICACIONES*

FUENZALIDA, M.; BUZAI, G. D.;
MORENO JIMÉNEZ, A.; GARCÍA DE LEÓN, A.



GEOGRAFÍA, GEOTECNOLOGÍA Y ANÁLISIS ESPACIAL:
TENDENCIAS, MÉTODOS Y APLICACIONES
Fuenzalida, M.; Buzai, G. D.; Moreno Jiménez, A.; García de León, A.

Primera Edición, Septiembre de 2015
ISBN: 978-956-9539-01-5

FUENZALIDA, M.; BUZAI, G. D.; MORENO JIMÉNEZ, A.; GARCÍA DE LEÓN, A. (2015)
“Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones”.
1ra ed., Santiago de Chile: Editorial Triángulo.

EDITORIAL TRIANGULO, 2015
Argomedo 190, Depto. 609
Santiago de Chile – Chile
<http://editorialtriangulo.org>
trianguloeditorial@gmail.com

RED ACE+GEOTEC NET
Colección Geotecnologías y Análisis Espacial N°2

UNIVERSIDAD ALBERTO HURTADO
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
Cienfuegos 41, Departamento de Geografía
Santiago de Chile – Chile
<http://geografia.uahurtado.cl>



Publicado bajo Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial CompartirIgual 4.0 Internacional
Se permite compartir, copiar y redistribuir este libro en cualquier medio o formato,
mientras se reconozca la fuente, no sea usado con fines comerciales, y no sea alterado.

GEOGRAFÍA, GEOTECNOLOGÍA Y ANÁLISIS ESPACIAL: TENDENCIAS, MÉTODOS Y APLICACIONES

Manuel Fuenzalida
Gustavo D. Buzai
Antonio Moreno Jiménez
Armando García de León



GEOGRAFÍA



EDITORIAL TRIANGULO



ÍNDICE

Preámbulo	1
<i>Los autores</i>	
Parte A. Epistemología geográfica: cambios y actualidad	3
Evolución del pensamiento geográfico hacia la Geografía Global y la Neogeografía	4
<i>Gustavo D. Buzai</i>	
Singularidades gnoseológicas de la praxis geotecnológica en la ciencia geográfica	17
<i>Antonio Moreno Jiménez</i>	
Balance y actualidad de la Geografía Cuantitativa	31
<i>Gustavo D. Buzai y Armando García de León</i>	
Parte B. Análisis espacial y geotecnologías: Conceptos, métodos y técnicas	55
Conceptos fundamentales del análisis espacial que sustentan la investigación científica basada en geotecnologías	56
<i>Gustavo D. Buzai</i>	
El territorio como unidad de análisis en estudios sociales	73
<i>Manuel Fuenzalida</i>	
Interpolación espacial con Sistemas de Información Geográfica	86
<i>Manuel Fuenzalida</i>	
Potencialidad de la metodología de evaluación multicriterio aplicada con Sistemas de Información Geográfica	99
<i>Gustavo D. Buzai</i>	
Parte C. Aplicaciones y diagnósticos de problemas geográficos	112
Análisis espacial de las desigualdades territoriales	113
<i>Manuel Fuenzalida</i>	

Análisis espacial de las injusticias ambientales <i>Antonio Moreno Jiménez</i>	140
Análisis espacial de condiciones educativas <i>Armando García de León</i>	166
Análisis espacial de la Salud <i>Gustavo D. Buzai</i>	188
De los autores	208

PREÁMBULO

Estamos experimentando un período histórico de gran importancia en el desarrollo de la Geografía, en el cual los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han adquirido un papel central en el análisis de los procesos socio-espaciales para su mejor comprensión.

La Geografía Aplicada tiene como objetivo la utilización de conocimientos y habilidades geográficas para la resolución de problemas sociales, económicos y ambientales, aspecto que se sustenta actualmente en las metodologías y técnicas del análisis espacial que pueden ser llevadas a cabo a través del uso de los SIG al servicio de los procesos de toma de decisiones en materia de planificación y ordenamiento territorial.

La Geografía como ciencia muestra hoy más que nunca su utilidad para el desarrollo de la ciencia y el bienestar de la sociedad. En este sentido, la presente obra *Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones* recoge perspectivas actualizadas de la disciplina, con una amplia posibilidad de ser discutidas e incorporadas en un enfoque multidisciplinario de Ciencias Sociales que intente incorporar la dimensión espacial en sus estudios.

Corresponde al fruto del trabajo conjunto de los autores, con vínculos de cooperación académica a través de la **Red ACE+GeoTec Net**, formada por el Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG) de la Universidad Nacional de Luján (Argentina), el Laboratorio Territorio y Sociedad (LABTYS) de la Universidad Alberto Hurtado (Chile), el Grupo de Investigación en Geotecnologías y Planificación Socio-Espacial (GEOTEPLAN) de la Universidad Autónoma de Madrid (España) y el Instituto de Geografía (IG) de la Universidad Nacional Autónoma de México (México).

La trayectoria previa de colaboración entre los cuatro autores desde hace casi dos décadas con abundantes actividades realizadas en conjunto en los cuatro países, entre las que se destacan acciones de investigación en proyectos internacionales, de docencia en cursos de posgrado y de divulgación a través de diversas publicaciones, entre otras, ha posibilitado reunir los materiales necesarios para responder adecuadamente a la evolución de las demandas de la masa crítica de usuarios de los SIG, interesadas por los contextos teórico-metodológicos y aplicativos. Cada vez hay un mayor número de investigadores y/o profesionales que desean utilizar SIG para el análisis de sus datos, y de esta forma, llegar a formular conocimientos útiles para el bienestar de nuestras sociedades.

El libro se ha organizado en tres partes que conciernen a una visión del estado del arte en cuestiones relacionadas con el análisis geográfico mediante el uso de SIG.

La primera parte *Epistemología geográfica: cambios y actualidad* contiene los fundamentos conceptuales de la praxis geotecnológica que se basa en la Geografía Cuantitativa y llega a los fundamentos de la Geografía Global y la Neogeografía. La segunda parte *Análisis espacial y geotecnología: conceptos, métodos y técnicas* presenta aspectos operativos para la aplicación de los procedimientos de análisis espacial con SIG al abordar los conceptos centrales que guían la tarea y anclajes específicos para el análisis, como la evaluación de metodologías y software. La tercera *Aplicaciones y diagnósticos a problemas geográficos* se centra en dimensionar las desigualdades socioespaciales evidenciadas en diferentes campos aplicativos que ejemplifican empíricamente las dos primeras partes de la obra.

Es intención de los autores contribuir a dilucidar cuestiones como la unidad territorial de análisis, la utilización de herramientas estadísticas y de métodos de análisis cuantitativo de diferentes variables referidas al territorio al igual que ciertos principios del análisis espacial de los elementos antrópicos y naturales, localizados y distribuidos sobre la superficie terrestre.

Nuestro desafío como docentes universitarios es facilitar conocimiento a todos aquellos estudiantes de cursos de pre y post grado conscientes de la importancia de la dimensión espacial para la comprensión de la realidad, y al mismo tiempo, lo suficientemente inquietos como para poner en práctica diversos procedimientos de análisis en la construcción de bases prácticas que permitan actuar sobre ella.

Se presenta una ciencia nomotética basada en un *materialismo sistémico*. La realidad existe independientemente de los imaginarios y las construcciones textuales, y es necesario abordarla de manera empírica como procede la ciencia: partiendo de la realidad de dónde se presentan sus problemáticas y volviendo a ella para solucionarlas.

Nos encontramos actualmente en una nueva cresta en la curva del conocimiento, referido a la época de bonanza que, en la sociedad de la información de hoy en día, está marcado ante la confluencia de esfuerzos por percibir la geotecnología a partir de conceptos progresistas y dejar atrás aquellas visiones oscurantistas que generan obstáculos en el avance. En definitiva, se trata de coadyuvar de manera constructivista al desarrollo de la herramienta, del análisis espacial y de los modelos multidisciplinares que lleven a la búsqueda de conocimientos reales en aplicaciones socialmente significativas.

PARTE A

EPISTEMOLOGÍA GEOGRÁFICA: CAMBIOS & ACTUALIDAD

EVOLUCIÓN DEL PENSAMIENTO GEOGRÁFICO HACIA LA GEOGRAFÍA GLOBAL Y LA NEOGEOGRAFÍA

Gustavo D. Buzai

Introducción

Desde hace cincuenta años los Sistemas de Información Geográfica (SIG) vienen posibilitando la incorporación del análisis espacial en el medio digital mediante la convergencia de diferente *software* en el interior del campo de la Geoinformática. Actualmente comienza a transcurrir una etapa que tiene centralidad en la circulación de datos geográficos de manera masiva y, con ello, una amplia difusión de la dimensión espacial de la realidad.

Esta realidad está formada por cuatro esferas globales de las cuales la tecnosfera se presenta como vínculo relacional entre la sociedad y su medio geográfico. Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) incorporan cada vez más la dimensión espacial a partir del tratamiento de datos espaciales en el interior de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) y esto lleva a la formación de una geotecnósfera de alcance planetario (Buzai y Ruiz, 2012).

El análisis espacial incorpora el análisis geográfico en una escala intermedia que comienza a ampliarse a través de la circulación de datos geográficos masivos con base en las actuales tecnologías digitales, por lo tanto, la Geografía se expande más allá de sus límites disciplinarios. Hacia las prácticas científicas a través de la Geografía Global hacia y hacia su utilización social a través de la Neogeografía.

En el presente capítulo se analizan básicamente estos aspectos que permiten definir una nueva onda en el desarrollo de la Geografía, superpuesta a las ondas cortas y la onda larga definida en Buzai (1999). Para ello se avanza sobre la composición de la realidad abordada en los estudios geográficos y en el desarrollo geotecnológico que permite encarar la avalancha de datos masivos.

Acceder a la realidad través de componentes de la Geotecnósfera brinda novedosas posibilidades en la relación entre la ciencia y la sociedad y estas posibilidades se expanden a partir de las capacidades de la Geografía como ciencia aplicada.

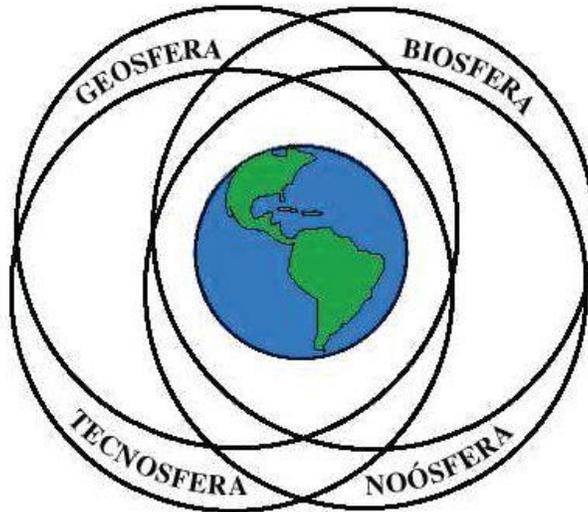
La base empírica en cuatro esferas

El desarrollo actual de la Geografía como ciencia encuentra un importante apoyo en las TIG. Como integrantes de estas tecnologías, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han favorecido el surgimiento de dos notables revoluciones, una *tecnológica*, relacionada con las posibilidades de aplicación técnico-metodológicas, y otra *intelectual*, vinculada a la forma en la que puede ser pensada la realidad.

Esta realidad se presenta como un paisaje global formado por cuatro principales esferas: la geosfera, biosfera, tecnosfera y noósfera (Figura 1). Comprende un continuo que va desde la mayor materialidad planetaria hacia la inmaterialidad del pensamiento y, en conjunto, cada *localización* está influenciada por diferentes combinaciones de estas esferas.

La relación entre la sociedad y su medio geográfico se encuentra mediatizada a través de la tecnología, la cual, se convierte en el principal sustento de las actividades humanas en el planeta al formar la Tecnósfera. Es la esfera que contiene la totalidad de instrumentos técnicos utilizados para dar respuestas al determinismo geográfico, muy bien ejemplificado por Kaplan (2013) en su vigencia geopolítica actual.

Figura 1. Esferas de la base empírica



Fuente: Buzai y Ruiz (2012)

Los elementos técnicos que componen la tecnosfera se localizan principalmente en la superficie terrestre, aunque se expande hacia el espacio exterior a través de satélites artificiales de múltiples propósitos. De estos, los satélites de comunicaciones tienen un gran protagonismo actual en cuanto constituyen importantes nodos del sistema relacional mundial.

La noósfera tiene sustento tecnológico, el de la interacción global de los flujos comunicacionales que vinculan diversos espacios terrestres a través del ciberespacio.

Se impone a la geosfera y a la biosfera a través del dominio de la naturaleza y avanza hacia la formación de una inteligencia planetaria.

De esta manera queda claro que la sociedad humana lleva a cabo estas relaciones y si bien el hombre, como especie animal, perteneció inicialmente a la biosfera, hoy debemos considerarlo separado de ella a través de las dos esferas creadas. Estas se apoyan en su componente cultural y simbólico, pero principalmente en su interés de comprender y dominar la naturaleza. Aquí aparece la ciencia como generadora de conocimientos fundamentales para el logro de estos principales objetivos.

Avalancha de datos en la tercera globalización

La materialidad empírica del planeta Tierra es la fuente de datos para la investigación geográfica realizada en el marco de un *materialismo sistémico*. Algunos de ellos son obtenidos a partir de la percepción directa y la mayoría a través de la mediatización tecnológica, aunque cabe aclarar que en ambos casos la aproximación se sustenta en la teoría.

Focalizándonos en la *Geografía Aplicada*, Stamp (1981), a inicios de la década de 1960, destacó a la *Fotogeografía* como una fuente de central importancia para la obtención masiva de datos geográficos. En pocos años, en 1967 se puso en órbita el satélite artificial LANDSAT 1 con la finalidad de explorar la Tierra y cuando finalizó la primera órbita obtuvo un volumen de datos equivalente al que los geógrafos habían acumulado hasta el siglo XV, y en su segunda órbita tantos como el que disponían en el siglo XIX (Stotman, 1999).

Esta avalancha de datos muchas veces sobrepasó las capacidades técnicas de las instituciones académicas, pero en ningún momento sobrepasó las capacidades de la racionalidad humana que puede aprovecharlos mediante la posibilidad de captar la unidad en la diversidad de manera no contradictoria (Rand, 2011), es decir, que podían ser controlados desde un punto de vista teórico.

La revolución intelectual de base geográfica fue sustentada por el acceso a imágenes satelitales que mostraron por primera vez al planeta Tierra flotando en el espacio. Esta perspectiva mostraba empíricamente el minúsculo lugar que ocupamos en el universo, un sistema que a determinadas escalas muchas barreras impuestas por la sociedad podrían no existir.

Esta perspectiva que permite ver el planeta en movimiento junto a las las configuraciones cambiantes de sus colores (océanos, continentes y fenómenos atmosféricos) presenta su mayor integración físico-natural y sobre ella se encuentra la dimensión socio-espacial. Es la confluencia entre el sistema Tierra y el sistema Mundo (Dollfus, 1992).

La globalización es un concepto que se apoya empíricamente en los vínculos que el sistema Mundo produce sobre el sistema Tierra. De ellos es posible detectar tres instancias de gran importancia:

Primera globalización (material): Los primeros datos que se diseminaron por el globo fueron los del ADN humano. Esta fue la primera información que pobló todos los ecosistemas terrestres conectados en un proceso que comenzó hace 7 millones de años y finalizó hace 20 mil años (Lévy, 2012; Picq, 2012).

Segunda globalización (conceptual): Se encuentra relacionada al pensamiento, al momento histórico en el cual la humanidad toma conciencia generalizada de que la población mundial se encuentra sobre la superficie de una esfera (globo) que gira alrededor del Sol. Esta situación se produce en el S.XV con la llamada revolución científica (Boido, 1996).

Tercera globalización (digital): Es la actual y corresponde a la circulación de datos por el ciberespacio. Las redes computacionales vinculadas a las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) permiten que el sistema Mundo se encuentre completamente integrado, aunque en este espacio exista una notable jerarquía (Buzai, 2013).

La circulación mundial de datos por Internet genera un cubrimiento planetario y a partir de allí existen diferentes escalas en el sistema Mundo. La Geografía es una ciencia empírica de gran amplitud ya que puede abordar fenómenos globales que abarcan los 510 millones de km² del planeta y llegar al sitio con notable nivel de detalle (Cheshire y Uberti, 2014) en los espacios altamente conectados.

Análisis Geográfico en perspectiva geotecnológica

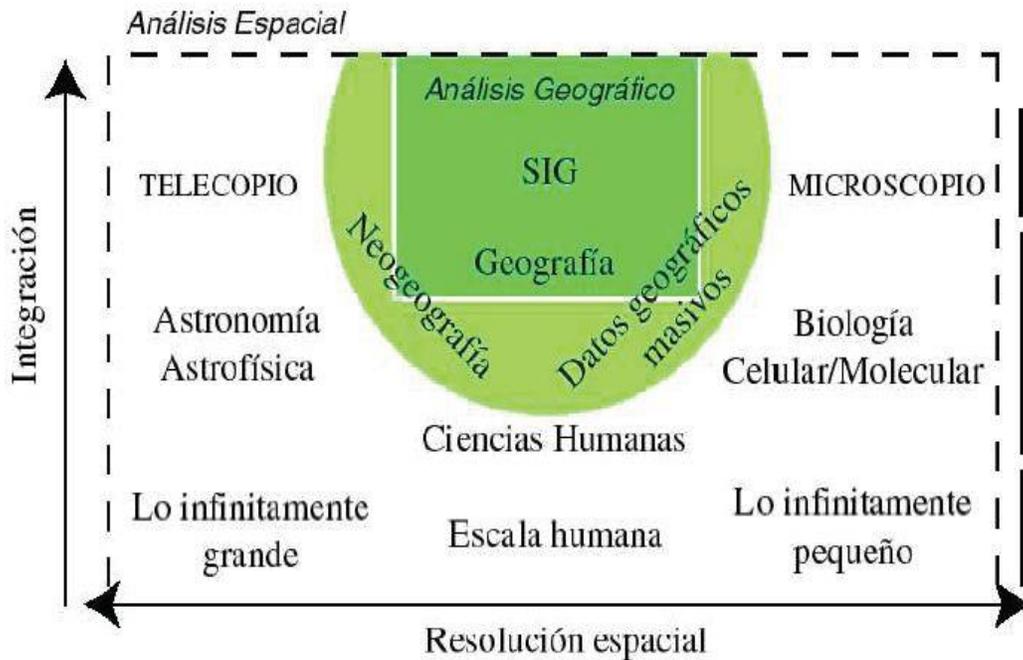
El sistema Tierra y el sistema Mundo contienen toda la realidad empírica que puede estudiar la Geografía como ciencia. Es la base de una ciencia empírica, que estudia hechos geográficos concretos para comprenderlos y volver a ellos para mejorarlos.

La Geografía como ciencia empírica, preocupada principalmente por el estudio de la dimensión espacial, considera a la racionalidad humana como principal fuente de conocimientos, la cual minimiza grados de arbitrariedad a partir de realizar generalizaciones. Esto resulta posible ante una realidad que existe con independencia del observador y a través de emplear procedimientos intelectuales que se centrarán en la función cognitiva y no en una función de manipulación (Rand, 2011; Soros, 2010).

La perspectiva geotecnológica implica analizar la realidad como sistema y esto puede ser realizado considerando dos principales perspectivas. Como *sistemas generales* será posible encontrar similares formas de organización en diferentes escalas y como *sistemas complejos* se encontrará una realidad estratificada (García, 2006) en la cual serán aptas diferentes teorías para abordar cada estrato en tanto nivel de análisis.

Desde el punto de vista espacial, entre lo infinitamente grande y lo infinitamente pequeño se encuentra la escala humana, que se puede considerar un espacio con grandes complejidades surgidas de innumerables tensiones relacionales (de Rosnay, 1977; Buzai y Cacace, 2013). La Geografía se ubica allí.

Figura 2. Análisis Espacial y Análisis Geográfico – Escalas de análisis



Fuente: Buzai y Baxendale (2011)

La Geografía debe afrontar diferentes problemáticas de resolución, tanto temáticas como escalares. Al mismo tiempo, la tecnología también se ubica con diferentes aptitudes en el abordaje de diferentes escalas: los telescopios son utilizados para lo infinitamente grande, los microscopios para lo infinitamente pequeño, y los SIG para la escala humana vinculada principalmente a la dimensión espacial.

El análisis espacial tiene gran amplitud porque interviene en todas las escalas de la realidad. El análisis geográfico ocupa sólo un sector intermedio del análisis espacial, el de una escala humana, y con altas posibilidades de integración de variables sociales y naturales. Actualmente el análisis geográfico realizado con SIG tuvo una notable ampliación a través de la difusión de datos geográficos masivos (*big data geographic*) y la Neogeografía lograda a través del uso de tecnología de difusión masiva en el contexto de la geotecnósfera.

Evolución geoinformática

Los SIG sintetizan una larga evolución del pensamiento teórico-metodológico de la Geografía como ciencia. Los métodos de análisis numérico y cartográfico, que durante siglos se realizaron de manera analógica, desde mediados del siglo XX ingresaron en formato digital a las computadoras para su tratamiento y análisis.

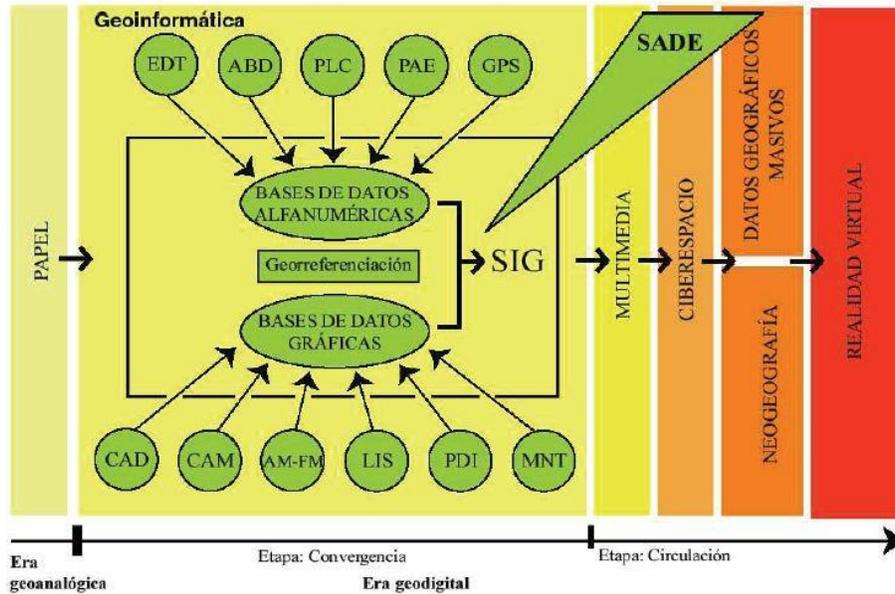
El primer SIG fue desarrollado en Canadá en 1964 (*Canada Geographical Information Systems – GIS*) por lo cual, los SIG cumplieron 50 años en el 2014. Su evolución hacia variadas posibilidades de aplicación (Buzai y Robinson, 2010) propició el reconocimiento generalizado de la dimensión espacial por parte de múltiples ciencias que incorporaron sus posibilidades metodológicas.

Las entidades geográficas comenzaron a ser representadas mediante dos componentes vinculados, la forma y el contenido. En el ambiente digital mediante la creación de bases de datos gráficas y alfanuméricas respectivamente.

Las formas corresponden a representaciones geométricas (punto, línea, polígono, raster y *x-tree*) 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), Sistemas catastrales (LIS), Procesamiento digital de imágenes satelitales (PDI) y Modelos numéricos de terreno – 3D (MNT).

Los contenidos son principalmente números que se incorporan en la tabla de atributos asociada a la gráfica 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). La Figura 3 presenta gráficamente el total de relaciones.

Figura 3. Evolución geoinformática. Desde el papel a la realidad virtual



Fuente: Buzai y Ruiz (2012)

Ambos grupos de *software* convergen actualmente en la tecnología SIG como núcleo de la Geoinformática. El camino de esta convergencia llevó a lo que Dobson (1983) denominó como *Geografía Automatizada* posteriormente profundizada a través de los nuevos desarrollos en Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE). Quedan así sentadas las bases para la expansión de impacto *científico* a través de la Geografía Global (Buzai, 1999) y de impacto *social* a través de la Neogeografía (Turner, 2006).

La etapa de circulación comienza con un principal sustento material a través del CD-DVD para pasar rápidamente a la inmaterialidad del ciberespacio. Existe la posibilidad de distribución de datos por la red y el SIG *on-line*. Actualmente estas posibilidades avanzaron mediante las posibilidades de interacción que genera la Web 2.0 en gran cantidad de procedimientos participativos estandarizados para la población en general.

Ondas en el desarrollo de la teoría de la Geografía

La historia del pensamiento geográfico desde finales del siglo XIX hasta hoy puede ser modelada a través de la coexistencia de ondas cortas y largas en períodos de auge y estancamiento de posturas paradigmáticas específicas para el análisis de la realidad.

Una perspectiva de gran aceptación la propuso Capel (1983) al presentar la sucesión entre perspectivas positivistas e historicistas que se alternaron de manera pendular hasta hoy. Finaliza con un capítulo historicista (*La quiebra del positivismo y las geografías radicales*, pp. 403-455) y en la actualización de Capel (2012) finaliza con un capítulo positivista (*Nuevas geografías y Neogeografía*) basado en el impacto producido por las tecnologías de la información geográfica en la disciplina.

En Geografía Global (Buzai, 1999) se sientan las bases para demostrar de qué manera este péndulo queda trabado en las últimas dos décadas y cómo actualmente comparten protagonismo por igual posturas de base positivista (*Geografía Automatizada* y *Geografía del Paisaje*) e historicistas (*Geografía Posmoderna* y *Geografía de la Percepción*). Mantener la hipótesis pendular impide considerar la simultaneidad de perspectivas.

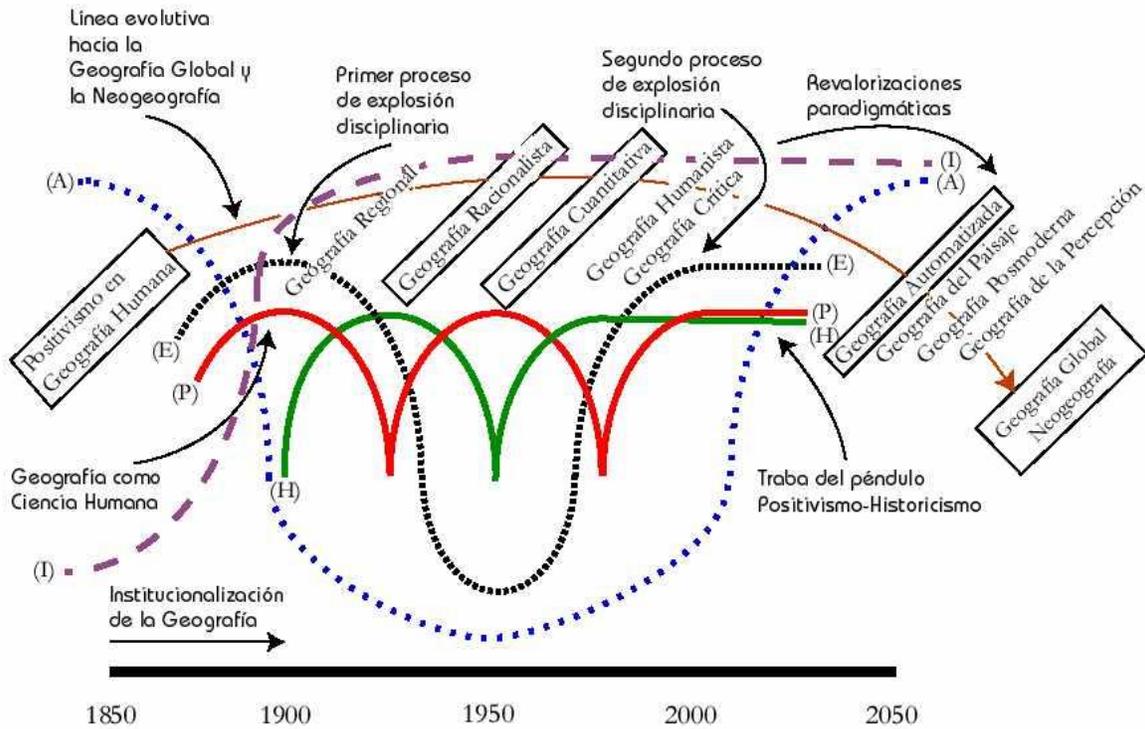
Los diferentes paradigmas de la Geografía generan ondas de periodicidad corta, de aproximadamente dos décadas de duración (longitud entre crestas) durante el siglo XX: una secuencia positivista (P) que lleva a una cresta a inicios con influencia de la Biología, una a mediados ligada a la Matemática y una al final ligada a la informática y una secuencia historicista (H) que genera crestas durante la crisis de 1930 relacionada a la actualización de la Geografía Regional, durante la crisis de 1970 relacionada a la Geografía crítica y una actual ligada a la postmodernidad y la hermenéutica.

En Geografía Global (Buzai, 1999) se puso en evidencia un ciclo largo que recorre por debajo de estos y produce dos momentos de explosión disciplinaria (E). El primero a finales de siglo XIX cuando la Geografía brinda objetos de estudios para la aparición de nuevas ciencias y queda definida como ciencia humana, y cien años después, cuando la Geografía ingresa en las computadoras y a través de ellas se hace global al resto de las ciencias. Una Geografía Global de alcance interdisciplinario. La Geografía en un ciclo de cien años se expande fuera de sus límites hacia diferentes prácticas científicas.

Actualmente se hace evidente una nueva onda relacionada a las prácticas geográficas. Hasta mediados del siglo XIX la Geografía –y muchas ciencias- se hicieron fuera de la institucionalización y donde el papel del *amateur* tenía gran valor, desde allí hasta hoy fueron creándose instituciones formales (sociedades geográfica, universidades) que generaron el acuerdo en la comunidad científica (Kuhn, 1993) de cómo debería realizarse la actividad académica. Actualmente, a través de la NeoGeografía hay un camino hacia la reivindicación del período anterior. Sin verse disminuidas las pautas institucionales, los *geógrafos amateurs* comienzan a tener nuevamente protagonismo (A) a través de prácticas simples, principalmente capacidades para interpretar y generar información gráfica como tercera alternativa frente a la información textual y numérica, *graphicacy* como competencia humana (Moreno Jiménez, 2014), posibilitadas por el uso tecnológico que comienza a compartir importancia con las prácticas institucionalizadas (I).

En la Figura 4 se presentan la totalidad de ondas y en el Cuadro 1 su síntesis combinada. La Geografía Global y la Neogeografía aparecen claramente en el momento actual abarcando la primera mitad del siglo XXI.

Figura 4. Modelado de la evolución del pensamiento geográfico (1850-2050)



Fuente: Buzai (2014b)

Cuadro 1. Características de las ondas en Geografía

Ondas	Longitud (λ)	Característica
(P) (H)	20 años	Alternancia Positivismo-Historicismo (Capel, 1983, 2014)
(E)	100 años	Explosión disciplinaria (Buzai, 1999)
(A) (I)	200 años	Alternancia Amateur-Institucional (Buzai, 2014b)

Geógrafos profesionales y amateurs-voluntarios

Los geógrafos profesionales se relacionan claramente con el período de la institucionalización de la Geografía posicionándose en alguno de los paradigmas establecidos durante el siglo XX. A partir de iniciado el siglo XXI los geógrafos amateurs-voluntarios obtienen importancia junto a la amplia difusión de las TIG. A partir de estas tecnologías y sin conocimientos específicos de la teoría geográfica influyen ante la incorporación de conocimientos empíricos del espacio geográfico.

Hemos visto que este proceso tuvo un largo recorrido desde mediados del siglo XIX hasta hoy. El camino evolutivo incluye la transformación de procedimientos analógicos en procedimientos digitales, la confluencia tecnológica con centro en los

SIG, la circulación de información con base en Internet, el desarrollo de la geotecnósfera, el amplio interés científico disciplinario por la dimensión espacial y finalmente, el interés ciudadano por la localización. Es posible consumir y producir geografía digital con sólo estar conectado: datos geográficos, productos cartográficos-imágenes satelitales y herramientas especializadas para su consulta y tratamiento brindan posibilidades de interacción nunca antes experimentadas.

Todo esto corresponde al desarrollo de la globalización geográfica a través de la Geotecnósfera (Buzai y Ruiz, 2012), en la que se establecen novedosas relaciones y aún no totalmente estudiadas entre los productos de la geografía profesional y la geografía amateur-voluntaria. Estaríamos asistiendo al último estadio de la globalización digital en la cual la Geografía Global y la Neogeografía coexistirán de manera cooperativa.

Geografía Global y Neogeografía / Ciencia y Sociedad

Las TIG generaron un impacto sumamente importante respecto del uso de la dimensión espacial tanto por la ciencia y la sociedad. Mayor aún que el vislumbrado por los primeros trabajos que trataron sobre el impacto de las tecnologías digitales en la teoría y metodología de la Geografía.

Después de que Dobson (1983) definiera la aparición de una Geografía Automatizada y que diez años después se hiciera un balance sobre el tema por parte de la revista *The Professional Geographer*, queda claro que los SIG no representaban la aparición de un nuevo paradigma en la Geografía, ya que las teorías y métodos utilizados se habían desarrollado en el período que abarca la Geografía Racionalista y la Geografía Cuantitativa (Buzai, 1999), la primera al poner su foco de atención en la construcción regional y la segunda en que esa construcción podía realizarse a través de la utilización de técnicas cuantitativas.

La digitalización y tratamiento de la información geográfica mediante medios computacionales presentaba un cambio de ambiente que podía considerarse una nueva visión de la realidad. Una visión paradigmática que la Geografía brindaba al resto de las ciencias que vieron la necesidad de incorporar la dimensión espacial en sus estudios. Se define así la Geografía Global (Buzai, 1999) como Geografía utilizada por muchas ciencias a partir de su estandarización y difusión de diferentes procedimientos geográficos de aplicación computacional.

Al iniciarse el siglo XXI la expansión tecnológica muestra que recorre un camino que se dirige desde las ciencias hacia las prácticas sociales a través de los dispositivos electrónicos vinculados a través de Internet, y esto es producto de una clara línea de evolución teórica en el marco teórico y conceptual de la Geografía.

Cuadro 2. El camino conceptual hacia la *Geografía Global* y la *Neogeografía*

Línea conceptual		Influencia	Décadas
<i>Positivismo en Geografía Humana</i> (Ratzel, 1882)		<i>Positivista basada en la Biología</i>	1900-1940
<i>Geografía Racionalista</i> (Hartshorne, 1939)		<i>Historicista</i>	1940-1950
<i>Geografía Cuantitativa</i> (Burton, 1963)		<i>Positivista basada en las matemáticas</i>	1950-1970
<i>Geografía Automatizada</i> (Dobson, 1983)		<i>Positivista basada en la informática</i>	1980-2000
<i>Geografía Global</i> (Buzai, 1999)	<i>Neogeografía</i> (Turner, 2006)		2000-2010

El Cuadro 2 presenta un camino de evolución paradigmática en base a Buzai (1999) con actualizaciones en base a Buzai y Ruiz (2012) y presenta las posturas geográficas que realizaron aportes conceptuales que llevaron a la situación actual.

El positivismo con influencia biológica, matemática e informática corresponde a las crestas en ciclos de ondas largas de auge del sistema capitalista propuestas por Kondrátiev (Berry, 1991). Nos encontramos ahora ubicados en la tercera cresta, posibilitada por las TIG.

El camino iniciado por el cuantitativismo hace poco más de sesenta años genera el mayor impacto social que cualquier paradigma de la Geografía ha realizado y Capel (2012) presenta que el positivismo reemplaza al historicismo como último capítulo en la evolución de nuestra ciencia. Es interesante ver que desde el positivismo se produce el avance científico en Geografía que permite el mayor impacto actual en la ciencia y la sociedad (Buzai, 2014a), permitiendo el mayor uso efectivo de la dimensión espacial en diversos campos de aplicación y la mayor interacción con el ciudadano, usuario y generador de información geográfica.

La Web en sus condiciones técnicas actuales permite las posibilidades de interacción necesaria para la aparición de la Neogeografía y los geógrafos amateurs-voluntarios tienen participación global. Las TIG generaron la Geotecnósfera la cual se vislumbra comience a atravesar una nueva etapa con la aparición de la Web 3.0 la cual estará fluidamente conectada a diversos objetos que enviarán automáticamente datos de utilidad geográfica.

Hace casi dos décadas se había vislumbrado una evolución de la sigla de los SIG: GISystem, GIScience y GISociety (Burrough y McDonell, 1998). Actualmente, después de medio siglo de la aparición del primer SIG la sociedad de la información geográfica es un hecho y con esto, sustentada por la línea evolutiva cuantitativa, comienza a perfilarse una nueva etapa en la historia de la Geografía.

Bibliografía

Berry, B.J.L. (1991). *Long wave rhythms in Economic Development and Political Behaviour*. John Hopkins University Press. Baltimore.

Boido, G. (2006). *Noticias del Planeta Tierra. Galileo Galilei y la revolución científica*. AZ. Buenos Aires.

Burrough, P.A.; McDonell, R.A. (1998). *Principles of Geographic Information Systems*. Oxford University Press. Oxford.

Burton, I. (1963). The Quantitative Revolution and Theoretical Geography. *Canadian Geographer*. VII(4):151-162.

Buzai, G.D. (1999). *Geografía Global*. Lugar Editorial. Buenos Aires.

Buzai, G.D. (2001). Paradigma Geotecnológico, Geografía Global y CiberGeografía, la gran explosión de un universo digital en expansión. *GeoFocus*. 1:24-48.

Buzai, G.D. (2013). Technological Dependency and the Internet: Latin American Access from Buenos Aires, 2001-2013. *Journal of Latin American Geography*. 12(3):165-177.

Buzai, G.D. (2014a.) Desde la Geografía. Ciencia y tecnología en una sociedad de la información geográfica. *GeoCritiq*. 10 de junio de 2014.

Buzai, G.D. (2014b.) Neogeografía y sociedad de la información geográfica. Una nueva etapa en la historia de la Geografía. *Boletín del Colegio de Geógrafos del Perú*. 1:1-12.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Tomo 1. Lugar Editorial. Buenos Aires.

Buzai, G.; Cacace, G. (2013). El concepto de espacio. *Si Muove*. 5:34-38.

Buzai, G.; Robinson, D. (2010). Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. *Journal of Latin American Geography*. 9(3):9-31.

Buzai, G.; Ruiz, E. (2012). Geotecnósfera. Tecnologías de la información geográfica en el contexto global del sistema mundo. *Anekumene*. 4:88-106.

Capel, H. (1983). *Filosofía y Ciencia en la Geografía Contemporánea*. Barcanova. Barcelona. (1ra. Edición).

Capel, H. (2012). *Filosofía y Ciencia en la Geografía Contemporánea*. Ediciones del Serbal. Barcelona. (2da. Edición).

Cheshire, J.; Uberti, O. (2014). *London. The Information Capital*. Particular Books. London.

de Rosnay, J. (1977). *El macroscopio. Hacia una vision global*. AC. Madrid.

Dobson, J.E. (1983). Automated Geography. *Professional Geographer*. 35(2):135-143.

Dollfus, O. (1992). Systeme Monde et Systeme Terre. *L'Espace Geographique*. 21(3):223-229.

García, R. (2006). *Sistemas Complejos*. Gedisa. Barcelona.

Hartshorne, R. (1939). *The Nature of Geography. : A Critical Survey of Current Thought in the Light of the Past*. Annals of the Association of American Geographers. Lancaster.

Kaplan, R. (2013). *La venganza de la Geografía*. RBA, Barcelona.

Kuhn, T.S. (1993). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica. México.

Lévy, J. (2012). La definición del geógrafo. *Atlas de las Mundializaciones*. Le Monde Diplomatique. Fundación Mondipló. Valencia. p. 24.

Moreno Jiménez, A. (2014). Cumplido retrospectivo y barruntos desde el presente geotecnológico. *GeoFocus*. 14:6-10.

Picq, P. (2012). La definición del antropólogo. *Atlas de las Mundializaciones*. Le Monde Diplomatique. Fundación Mondipló. Valencia. pp. 21-22.

Rand, A. (2011). *Introducción a la Epistemología Objetivista*. El Grito Sagrado. Buenos Aires.

Ratzel, F. (1882). *Anthropo-geographie. Grundzüge der anwendung der erdkunde auf die geschichte*. J.Engelhorn. Stuttgart.

Ruiz, E. (2010). Consideraciones acerca de la explosión geográfica: Geografía colaborativa e información geográfica voluntaria acreditada. *GeoFocus*. 10:280-298.

Soros, G. (2010). *The Soros Lectures at Central European University*. Public Affairs. New York.

Stotman, J. (1999). *Conferencia*. Congreso sobre la enseñanza de la Geografía frente a un mundo en cambio. Mendoza, Universidad Nacional de Cuyo. 19 al 24 de Abril.

Turner, A.J. (2006). *Introduction to Neogeography*, O'Reilly Media. Sebastopol.

SINGULARIDADES GNOSEOLÓGICAS DE LA PRAXIS GEOTECNOLÓGICA EN LA CIENCIA GEOGRÁFICA¹

Antonio Moreno Jiménez

Introducción

Desde hace un tiempo los epistemólogos han señalado y clarificado los trascendentales cambios que desde mediados de la pasada centuria han ocurrido en la actividad científica. En particular procede recordar la emersión de lo que se ha calificado como *Big Science* o tecnociencia, en la que “la ciencia y la tecnología se imbrican mutuamente [...], de manera que no hay avances científicos sin progresos tecnológicos y viceversa” (Echeverría, 2001, 137). De un modo análogo se pronunció otro conocido autor (Agazzi 1998) cuando aseveraba que “la tecnología es un elemento estructural del conocimiento científico moderno”, en el sentido de que su trascendencia alcanza a la concepción del conocimiento como tal y a su génesis. Obviando la convincente argumentación del autor que hemos glosado en otra parte (Moreno, 2013, 16-18) solo querríamos reiterar textualmente que “la tecnología es la condición generalizada para la construcción de los objetos científicos y para su conocimiento. ... de la realidad compleja se realiza una especie de corte que selecciona ciertos aspectos a fin de someterlos a los procesos cognoscitivos, y tales aspectos son hoy día los que tan sólo mediante instrumentos de tecnología muy avanzada se pueden poner en evidencia. En este sentido se puede afirmar que los objetos son *construidos*” (Agazzi, 1998).

Los progresos en la tecnología que han brotado en o confluído con la ciencia geográfica están provocando un impacto de análogo calado. Aunque con las lógicas peculiaridades de todo proceso de difusión espacio-temporal de innovaciones, las llamadas geotecnologías, en particular las provenientes del campo de la electrónica, computación y telecomunicaciones, se han ido implantando por doquier y han sacudido profundamente a esta antigua disciplina, tal como se ha reconocido de manera generalizada. El presente y futuro de la Geografía resulta ya inconcebible sin ese potente y versátil conjunto de aparatos y sistemas con los que conviven a diario científicos, profesionales y, cada vez más, ciudadanos.

Científicamente hablando el impacto de mayor enjundia cabría afirmar que ha sido la emersión de una praxis geotecnológica (PGT) en la indagación, equiparable en rango epistémico a un cambio de paradigma (Kuhn) o de tradición de investigación (Laudan), tesis que ha sido postulada por Buzai (1999, 2001, 2011) y Moreno

¹ Este capítulo se ha elaborado en el marco del proyecto de investigación “Polución del aire, poblaciones vulnerables y salud: análisis de injusticias ambientales basados en geotecnologías”, CSO2014-55535-R, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España.

(2010 y 2013)². En nuestra opinión, este nuevo entendimiento de la cientificidad geográfica es identificable a través de una serie de rasgos genuinos de la investigación sustentada en el binomio tecnología-ciencia que la diferencian de otras alternativas cognitivas.

Existen algunas descripciones pormenorizadas de esa metodología tecnocientífica en la Geografía a las que remitimos al lector para conocer sus detalles (*vid.* Schuurman, 2004; Maantay y Ziegler, 2006; Steinberg y Steinberg, 2006; Lloyd, 2008; Parker y Asencio, 2008; Buzai, *et al.*, 2010). En este capítulo, y como desarrollo de la línea argumental de un trabajo anterior, en el que se establecieron unas señas de identidad diferenciales de la PGT, se pretende profundizar en la caracterización de la misma, explicitando y glosando una serie de elementos que atañen al proceso de afloramiento de conocimiento bajo esa perspectiva. El foco recaerá en ciertas etapas de aquella metodología, con objeto de identificar y realzar algunos componentes y operaciones del sujeto cognoscente que evidencien la especificidad, en el plano gnoseológico, de la PGT como actividad investigadora.

A tal efecto, en el siguiente apartado se presentan esquemáticamente algunos elementos estructurales del enfoque tradicional de indagación geográfica y de la PGT, que permitan una primera confrontación y revelación de las diferencias entre ambos. A continuación se examinarán, ya más en detalle, tres momentos de la PGT iluminando sus especificidades más notables.

Una comparación sumaria del modelo de indagación tradicional en la Geografía y de la PGT

En las tablas 1 y 2 se han sintetizado algunas de las principales fases recorridas en las dos formas de indagación geográfica enunciadas en el título del apartado y los mecanismos y forma de operación del sujeto cognitivo.

Un examen global de las mismas permite señalar una primera diferencia general entre ambas modalidades de generar conocimiento. El modelo tradicional adopta una forma inmediata de creación de dicho conocimiento, por cuanto, además de la prevalencia de la observación directa del territorio (la Geografía como “ciencia de andar y ver”), se apoyaba en un instrumental limitado para el tratamiento de datos y en una fase de análisis donde las operaciones mentales del investigador escudriñaban de forma bastante directa, *i.e.* casi sin intermediación alguna, la información experiencial recogida por el estudioso o los datos aportados por fuentes directas o indirectas. Por su parte, la PGT adopta una manera de crear conocimiento calificable de mediata, por cuanto se sustenta en un sofisticado y potente interfaz tecnológico que media entre la realidad exterior y el proceso intelectual del investigador. Se podría decir que el proceso conlleva ahora un “rodeo cognitivo” debido a la inclusión de un conjunto de componentes que median y alargan la relación entre el sujeto cognoscente y la realidad espacial a estudiada.

² Aunque con propuestas algo distintas, Koutsopoulos (2011) ha subrayado también el carácter de cambio de paradigma que han supuesto los denominados por él como Geoinformática y la Coroinformática.

Como en otro lugar hemos descrito más extensamente (Moreno, 2013), la moderna praxis científica geográfica sustentada en geotecnologías es absolutamente dependiente de éstas por cuanto mediante ellas (condición *sine qua non*) se reconstruyen y configuran los objetos cognoscibles y se establecen las bases de inteligibilidad y de abordaje, así como los límites y las posibles soluciones del problema de investigación. En síntesis, presuponen una alteración profunda en las creencias, reglas y métodos que rigen y legitiman la labor del científico. La génesis del conocimiento resulta ahora mediatizada por una trasposición de la realidad territorial (RE) a otra digital (RD) y por un proceso mental ulteriormente desarrollado dentro de lo que hemos calificado como laboratorio geodigital (LGD), el cual se cimienta en una potente y rica batería de técnicas y tecnologías. En los apartados siguientes se examinan más de cerca algunos de esos componentes estructurales de ese interfaz mediador que configura y sustancia la PGC.

Tabla 1. Modelo de indagación (generación de conocimiento) tradicional en la Geografía

FASE	CARACTERES
Formulación de hipótesis	Enunciados genéricos y de expresión, a menudo, imprecisa
Obtención de datos	Observación directa, fuentes estadísticas, cartográficas, documentales e imágenes (fotografías) Instrumentos de medición de datos
Tratamiento de datos	Predominio de técnicas aritméticas simples o cualitativas, cartografía temática
Análisis de resultados	Operaciones intelectuales de descripción, comparación, clasificación, valoración, etc. sobre los datos tratados
Comprobación de hipótesis y enunciado de conclusiones	Basados en la valoración e interpretación subjetivas Rigor y exactitud constreñidos por el stock cognoscitivo y las capacidades intelectuales del sujeto, así como por las limitaciones de la geoinformación

Tabla 2. Modelo de indagación (generación de conocimiento) en la PGT

FASE	CARACTERES
Formulación de hipótesis	Enunciados contrastables y de expresión precisa
Obtención de datos	Instrumentos y sistemas electrónicos de captura y transmisión de datos Observación directa, fuentes estadísticas, cartográficas, documentales e imágenes (e. g. fotografías)
Trasposición de la realidad territorial a un modelo digital	Determinación y construcción del modelo de representación geodigital para el ámbito de estudio Control de calidad de los geodatos
Tratamiento de datos	Abundancia de técnicas matemáticas, experimentación computacional, modelado de

	segundo nivel sobre la geoinformación digital, geovisualización informatizada Incertidumbre técnica: control de idoneidad de las técnicas, chequeo cruzado de técnicas
Análisis de resultados	Operaciones racionales de descripción, comparación, clasificación, valoración etc. basadas en resultados de los tratamientos computacionales Posibilidad de validación de resultados y de ensayos iterativos
Comprobación de hipótesis y enunciado de conclusiones	Basados en la valoración e interpretación subjetivas de los resultados matemático-computacionales Rigor y exactitud constreñidos por las posibilidades y limitaciones de la geoinformación digital, del modelo de datos, de las técnicas y de las capacidades del sujeto investigador

La observación de la realidad y la captura y medición de datos en la PGT

Aparte de los procedimientos tradicionales de la Geografía, la PGT presenta como importante singularidad el recurso decidido a potentes instrumentos, muchos de ellos electrónicos, capaces de capturar y medir atributos de la realidad territorial y generar una versión digital de los mismos, incluyendo su georreferenciación. Los sistemas de teledetección (escáneres multiespectrales, radar, lidar, ...), sistemas de navegación global (GNSS), terminales de recolección de datos de campo, dispositivos telefónicos inteligentes (*smartphones*), sensores diversos (de propiedades del aire, ruido, aguas, plantas, etc.) servidores y redes de telecomunicación, etc. han ido constituyendo un potente interfaz para aprehender las propiedades físicas y humanas del territorio con un grado de penetración sin parangón. De esa manera, las harto limitadas capacidades humanas para observar nuestro planeta se han visto agrandadas por un creciente arsenal de instrumentos especializados que pueden trabajar de manera continua, en tiempo real, a escalas muy diversas y de forma cada vez más asequible y utilizable. Ciertamente, el manejo de ese aparataje exige una cualificación nada desdeñable, como sucede en otras ramas del saber (e. g. la medicina y su sofisticado instrumental), y aunque ello conlleva un coste ineludible, resulta crecientemente asumible y amistoso.

Desde el punto de vista gnoseológico, el recurso en la PGT a estas tecnologías de captura de geoinformación plantea algunas consideraciones y retos. En primer lugar, y como señalaba ya hace años el geógrafo Tricart (1978) al hablar de las potencialidades de la teledetección, “los registros electromagnéticos nos revelan un mundo ajeno nuestros sentidos”; los sensores recogen señales del territorio y las transcriben como valores numéricos digitales, cuyo significado no resulta a menudo fácil de comprender e interpretar. Se requiere un esfuerzo importante para descifrar esos mensajes y darle sentido correcto a esa geoinformación. El prolongado trabajo de muchos expertos ha ido creando a lo largo de las últimas décadas una base de conocimiento experimental que permite una interpretación asequible y cada vez más fiable de su significado. Como es ampliamente reconocido, los progresos en estas tecnologías de captación de geoinformación han

abierto un universo de posibilidades para explorar cuestiones y facetas ignotas e inaprensibles hasta hace poco de la realidad territorial.

Una importante cuestión que afecta al conocimiento basado en este tipo de tecnologías estriba en las incertidumbres y errores que el funcionamiento de todo instrumento comporta. Al igual que los ojos varían en su capacidad (e. g. agudeza) entre personas, debe recordarse que ello afecta también a los sensores. La multiplicidad de factores que condicionan el funcionamiento físico de cualquier aparato obliga al estudioso a estar muy atento a las limitaciones que conlleva el uso de esas fuentes: calibrado del sensor, precisión y sensibilidad, resolución espacial y temporal, etc. determinan la fiabilidad de los datos que generan y han de ser evaluados de cara a determinar si resultan idóneos para los objetivos científicos planteados y en qué medida introducen componentes de error. Como era previsible, el asunto, por su trascendencia, ha merecido la atención de los expertos y se cuenta con notable tradición de aportaciones a la hora de establecer los componentes de la incertidumbre que surgen y de evaluar la calidad de la geoinformación (*vid.* por ejemplo, Ariza y Atkinson, 2008; Ariza, 2013; Ariza y Rodríguez, 2014; o las actas de los simposios internacionales sobre evaluación de la exactitud espacial, *International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*).

Lo relevante de todo ello es que la PGT descansa y se viabiliza mediante esa mediación instrumental para obtener información de la RE, la cual aporta una masa cada vez más ingente y valiosa de datos: son los llamados *Big Data* o *Geospatial Big Data*, cuando poseen una naturaleza geográfica, cuya disponibilidad, manejo y tratamiento suscita un horizonte retador (Dasgupta, 2013).

Adopción e implementación del modelo de geodatos para representar digitalmente la realidad geográfica mediante la tecnología de los SIG

El segundo elemento clave y diferencial en la PGT radica en la construcción de una alteridad tecnológica del espacio real, mediante lo que genéricamente se denomina diseño y modelado de la base de datos espaciales; ello supone la trasposición selectiva de la realidad territorial (RE) a un cosmos digital (RD), el cual a partir de ese momento suplanta en gran medida a aquélla.

El objetivo de esta etapa del proceso cognoscitivo estriba, ni más ni menos, en crear un artefacto tecnológico el cual, capturando la parte más significativa de la RE (para los fines de conocimiento buscados), habilite el desarrollo de las operaciones analíticas propias de la indagación científica. Se genera así un constructo que constituye una re-creación o réplica del mundo real. Como ha señalado Echeverría (1998, 16) se trata de “naturalezas artificiales que el ser humano ha ido construyendo en su prolongado proceso de interacción social con la naturaleza”. El carácter de esa operación permite aseverar que este paso posee un alcance ontológico, por lo que cabría calificarlo más como transustanciación que como simple transformación. La realidad geográfica (RE) se transmuta en realidad digital (RD), sustituyendo ésta a aquélla en el proceso de resolución de problemas de conocimiento. El alcance ontológico de esa labor reside en dos condiciones: a) la realidad digital posee entidad esencialmente distinta, aunque vinculada a la

geográfica (¡no son la misma cosa!), b) la realidad digital posee una estructura y contenidos propios, los cuales se consideran bastantes (en términos de representatividad³) como para sustentar la racionalidad de la indagación científica sobre ella. La RD, en resumen, no es una recreación completa de la RE, sino parcial, lo que implica instituir límites a lo observable y cognoscible que serán distintos en ambas realidades.

Técnicamente, los medios para realizar esa operación están descritos en los manuales de SIG y conciernen a los modelos disponibles para el diseño de bases geodatos: vectorial, raster, relacional, orientado a objetos y de objetos a bases relacionales (*vid.* Zeiler, 1999; Tomlinson 2007, especialmente el capítulo 9). El significado de esa labor y su resultado, que para muchos principiantes o legos puede aparecer como una mera labor técnica desembocando en unos ficheros digitales de datos más o menos complejos, es más profundo de lo que a primera vista parece.

Desde la perspectiva gnoseológica la sustitución de la RE por la RD suscita, en primer lugar, una cuestión importante: la necesidad de considerar los requisitos de exactitud, completitud, consistencia, integridad, en las facetas espacial, temporal y temática a la hora de diseñar y aceptar una base de datos espacial que sustente a la RD para la indagación. Recuérdese que ello involucra decisiones estratégicas en cuanto a los objetos digitales que representarán a la RE, las propiedades o atributos a incluir de los entes reales, las relaciones espaciales a reflejar, las operaciones factibles de realizar, etc. En suma, la cantidad y calidad de la información digital sobre la RE aparece como un elemento crítico para posibilitar y conferir credibilidad mayor o menor al trabajo ulterior. De ahí surgen, como en toda obra humana, incertidumbres y errores inherentes a la representación (*vid.* Goodchild y Gopal, 1989) que, de nuevo, el estudioso habrá de medir para poder valorar después las limitaciones en los hallazgos y, por ende, la solidez y rigor del conocimiento adquirido.

En segundo lugar, procede plantear la consideración de que lo que se puede averiguar y conocer en ambos mundos, la RE y la RD, difiere. En efecto, es cierto que la RE como entidad primigenia contiene en su seno la totalidad de información que puede interesar al geógrafo investigador, frente a la RD, que posee solo una fracción de aquella. Sin embargo, la RD por su condición de artefacto electrónico ostenta unas aptitudes para su manejo y experimentación que resultan extraordinariamente superiores a la RE. Es bien conocida la rigidez, dificultad y a menudo imposibilidad para realizar ensayos en la RE. Los costes o peligros aparecen como limitantes en muchos asuntos territoriales que interesa conocer y desvelar. Por el contrario, la RD resulta sumamente flexible y maleable a efectos de su manipulación, según los dictados de la imaginación investigadora, mediante sistemas de tratamiento computacional.

Finalmente, y en tercer lugar, como otra importante singularidad hay que señalar que la RE se traspone en la RD mediante una disección lógica, aislando y

³ Se asume que el modelo de geodatos ha de poseer la calidad suficiente, i. e. que los errores se mantienen en unos niveles admisibles. Por usar un vocablo común en el ámbito legal, cabría decir que la base de datos aceptable para investigar ha sido (explícita o implícitamente) *bastanteada*.

descomponiendo aquella en sus componentes que son luego representados bajo el conocido concepto de capas (*layers*). La RE pierde así su unidad identitaria, pero a cambio la RD permite operar con sus componentes elementales significativos.

En síntesis, la réplica de la RE contenida en la RD establece para el investigador un escenario nuevo y habilitante que cambia drásticamente las prácticas cognitivas en la PGT.

El análisis de la información geodigital como núcleo de la exploración experimental para la génesis de conocimiento científico

Un tercer momento significativo en el proceso de indagación reside en el conjunto de operaciones analíticas que el estudioso lleva a cabo sobre la materia prima de la RD y que se almacena convencionalmente en un computador. Como es sabido, la misión de los programas o software estriba en ofrecer al experto herramientas para manejar y tratar la información. En el caso de la ciencia geográfica, los SIG, los programas estadísticos, de tratamiento de imágenes, y otros programas específicos de análisis y modelado ofrecen una pléyade de técnicas aptas para describir, explorar, transformar, sintetizar, clasificar, relacionar, modelar, predecir, prescribir etc. basándose en la geoinformación de la RD.

Como hemos postulado en otro lugar (Moreno, 2013) la conjunción de los geodatos electrónicos y las técnicas de análisis en los SIG conforma un auténtico laboratorio geodigital (LGD) donde el intelecto humano puede desarrollar un trabajo de descubrimiento y comprobación de hipótesis con una alta dosis de creatividad. El pensamiento espacial puede desplegar allí sus capacidades, ampliándolas mediante el concurso de ese arsenal de herramientas analíticas y de geovisualización interactiva disponibles en los SIG. La formulación de preguntas y la ágil obtención de respuestas mediante pruebas atinadamente realizadas permiten impulsar la eclosión del conocimiento de manera eficiente y, a menudo, más efectiva. Como es bien sabido por los expertos en SIG, el trabajo analítico consiste, a menudo, en relacionar capas de geodatos digitales, recombinando por tanto los componentes de la RE que la RD había representado, desmembrándolos. Por paradójico que parezca, ese “rodeo cognitivo” de desintegrar primero la RE en la base de datos geodigital, para luego volver a combinar sus elementos con los tratamientos computacionales (*e. g.* modelos), conlleva una auténtica “iluminación” o ganancia cognitiva que permite comprobar hipótesis y desvelar hallazgos, a veces muy elusivos.

Si lo anteriormente expuesto resulta bastante notorio ya, y a la par exponente del carácter distintivo del proceso cognoscitivo en la PGT, una ratificación adicional de ese carácter proviene de reflexionar algo más acerca del papel de los instrumentos analíticos que tan intensamente se usan en este tipo de indagaciones. En primer lugar, procede señalar que la capacidad para generar conocimiento mediante el concurso de esas herramientas que penetran mucho más en la geoinformación digital requiere una condición obvia y a la vez exigente al investigador: dominar la lógica y aplicación de tales técnicas, así como la interpretación crítica de los resultados. Ello demanda tiempo y esfuerzo, por lo que la PGT deviene una actividad altamente especializada. Conviene añadir, en segundo lugar, que muchas

técnicas cuantitativas poseen una estructura lógico-matemática que se impone a la masa de datos cuando se aplican y que conllevan unas fortalezas y unas debilidades. Por ejemplo, el conocido análisis factorial asume unas relaciones entre los atributos de los entes (*e. g.* los lugares) de carácter lineal, por lo que otros tipos de relaciones no pueden ser aprehendidas adecuadamente, con la consiguiente limitación y quizá distorsión en los resultados. En tercer lugar, la extensa gama de herramientas analíticas disponibles aboca al estudioso a una situación delicada: la de elegir entre la variedad de técnicas aquella que resulta más idónea para el análisis. Este hecho, a la par que apreciable por posibilitar la flexibilidad y elección racional del instrumento, también puede ocasionar, como contrapartida, algunos inconvenientes: tener que asumir las incertidumbres y limitaciones inherentes a cada técnica. Es bien conocido que el método adoptado y las técnicas asociadas determinan en cierto grado los resultados. Ello quiere decir que la confirmación de ciertas hipótesis o la fundamentación de las propuestas de decisión a partir de los análisis, quedan supeditadas en grado desigual, pero con frecuencia nada desdeñable, a las decisiones metodológicas adoptadas. En efecto, no es infrecuente comprobar cómo el uso de cierta técnica estadística no conduce a la verificación de una determinada hipótesis, en tanto que con otras sí se consigue.

Desde el punto de vista de la estrategia cognoscitiva ello posee varias implicaciones: a) necesidad de elegir atinadamente el método y el conjunto de técnicas en que se apoya, considerando los fines y los datos disponibles; b) la conveniencia de ensayar con técnicas varias, para lograr un superior aval a los hallazgos; c) dado que muchas técnicas (*e. g.* modelos), por su naturaleza y estructura, incluyen parámetros, opciones y variantes que han de ser establecidos por el investigador, se precisaría una buena fundamentación de ellos y un examen crítico de los efectos que modificaciones razonables de los mismos ocasionan en los resultados. Por poner algunos ejemplos, baste recordar, la pluralidad de modelos de regresión disponibles para medir relaciones espaciales (*vid.* Bosque, 1994; Anselin, 2002), la diversidad de funciones que para evaluar la accesibilidad espacial se han propuesto (*vid.* por ejemplo Salado, 2012; Condeço-Melhorado *et al.* 2014), la variedad de herramientas para las clasificaciones cuantitativas (*e.g.* Moreno, 1994; Rogerson, 2015), la estimación de riesgos basadas en modelos que conducen a constructos o artefactos complejos que tratan de aprehender integradamente realidades tan elusivas como la exposición, la amenaza y la vulnerabilidad (*vid.* Bosque *et al.* 2004), la amplia familia de técnicas de evaluación multicriterio, cuya selección primero y su aplicación después conlleva definir no pocos aspectos cruciales para los resultados, *e. g.* los criterios y su expresión métrica, los pesos de los mismos, los procedimientos de ordenación de alternativas o priorización de lugares (*vid.* Gómez y Barredo, 2005).

La toma de conciencia de ese decisivo paso explica que, con vistas a una generación rigurosa de conocimiento, se haya suscitado la conveniencia de realizar análisis de sensibilidad o dependencia de los resultados respecto a las decisiones técnicas (*vid.* Saltelli *et al.* 2000). Ejemplos de tales esfuerzos hay abundantes: Gómez y Bosque (2004) revisaron los trabajos de ese tipo en aplicaciones de la EMC y Lilburne y Tarantola (2009) lo hacen para modelos espaciales de contaminación de acuíferos. Estudios concretos ilustrativos pueden citarse varios: efectos de distintas métricas de distancia en la conformación de áreas de influencia de

transporte (Moreno, 2003), impacto de las unidades espaciales en la delimitación de áreas de mercado (Moreno y Prieto, 2004), repercusión de la función de descenso con la distancia en la estimación de los impactos o desbordamientos (*spillovers*) de la infraestructuras de transporte (Condeço-Melhorado et al. 2013), consecuencias de la agregación de datos puntuales en la asignación de demanda a puntos de servicio con análisis de redes (Márquez *et al.* 2014), variabilidad vs. estabilidad de los resultados de un modelo de simulación del crecimiento urbano al modificar los valores de los criterios (Plata *et al.* 2013), etc.

En síntesis, y como se ha argumentado, la dependencia de la PGT de todo este amplio conjunto de herramientas y de decisiones técnicas es de nuevo un hecho diferencial en esta estrategia de creación de conocimiento científico, la cual aunque acarrea un esfuerzo superior a las de otras, tiene como recompensa la expectativa, altamente lograda, de resolver problemas inasequibles o deficientemente abordados desde otros planteamientos investigadores o paradigmas científicos.

Adicionalmente, la PGT presenta otro rasgo distinto como proceso cognitivo cuando afronta el embarazoso problema, con frecuencia soslayado en diversas prácticas científicas, de validar los análisis y resultados. Podría decirse que en este punto la PGT se somete a un doble escrutinio: a) uno interno que comprueba el rigor y consistencia metodológica, de acuerdo con las premisas asumidas en dichas aproximación; b) y otro externo o contextual que habilita el examen de, por un lado, la coherencia entre los resultados alcanzados en la RD con los observables en la realidad empírica, si ello es posible, y por otro de la compatibilidad con los resultados o soluciones de otros paradigmas para ese tipo de problemas.

Determinando la estabilidad y robustez de los hallazgos se hace posible valorar su grado de confiabilidad y su significado como solución a un problema de conocimiento y a las hipótesis formuladas. La PGT, por tanto, mediante ese tipo de experimentos controlados y explícitos, asume la incorporación de mecanismos de autocontrol internos. Junto a la evaluación crítica de las indagaciones que las comunidades científicas poseen a la hora de publicarlas, en esta tradición se hace posible y se está imponiendo además, la ejecución de evaluaciones sistemáticas de los métodos de creación de conocimiento científico, lo que brinda a los usuarios de ese saber una forma más transparente de apreciar su rigor. Ello, como es bien conocido, no siempre está presente en otros paradigmas científicos.

Comentarios finales

Parece fuera de toda duda que, al igual que ha sucedido en otras ciencias, la integración de las geotecnologías en la actividad investigadora de la Geografía está desencadenando un cambio sustantivo que afecta, no solo al plano metodológico, sino que involucra al nivel gnoseológico del sujeto cognoscente, por lo que puede hablarse de un cambio epistémico. Habría que advertir que el mero uso de TIG no garantiza que se trate de una PGT pues, como herramientas, aquéllas pueden quedar circunscritas a un papel secundario o marginal en el trabajo de investigación (*e.g.* elaborar mapas temáticos con ordenador). En muchos otros procesos de indagación, sin embargo, las TIG sí que adquieren un papel protagonista instituyendo un singular “rodeo cognitivo”, en el que la presencia de

ciertas operaciones y elementos innovadores sitúa al estudioso ante un auténtico y poderoso interfaz mediador con la RE, el laboratorio experimental, el cual potencia sobremedida las capacidades del intelecto humano y redefine la lógica y el abordaje de los problemas científicos. Habría que recordar al respecto la extendida convicción acerca de una efectividad de la PGT superior a la de otros paradigmas al tratar ciertos problemas concretos de conocimiento, algunos antiguos (y reformulados), otros nuevos, inéditos y antes intratables, brotados precisamente dentro de las fronteras de este marco epistemológico. El reconocimiento de ello se constata, por un lado en las propias comunidades científicas (y no solo en la de los geógrafos, sino también en las de otras muchas disciplinas) y, por otro, entre los colectivos de decisores (públicos y privados) de todas clases, las organizaciones y los ciudadanos en general, entre los que el saber geográfico, producido, soportado y diseminado merced a las TIG, está conquistando un papel central en la vida humana, con el consiguiente aprecio y revalorización. Recordando la vieja sentencia de Barrows (1931: 353) de que "el principal fin de la enseñanza de la Geografía no es la información, sino la capacidad de pensar geográficamente", cabe reclamar que, a fin de cuentas, la clave del éxito de esta tecnociencia geográfica radica precisamente en el empoderamiento que provoca de la mente humana para acometer y satisfacer con más éxito las aspiraciones personales como totalidad (cognitivas, afectivas, conductuales, etc.), como en otro lugar hemos postulado (Moreno, 2015).

Conscientes de la especificidad cognitiva de la PGT en este capítulo, tras mostrar primero algunas de las diferencias más notorias que en ciertas etapas de la indagación científica afloran entre la aproximación que hemos calificado de tradicional y la PGT, se ha realizado un examen más detenido de tres momentos centrales en ésta última para identificar su naturaleza, establecer su papel y perfilar su alcance gnoseológico. Con ello se ha pretendido poner de manifiesto y sostener que esta nueva praxis representa no un mero cambio circunstancial o periférico en la génesis de conocimiento científico, sino que instituye un modo de resolución de problemas de naturaleza distinta a otros existentes en la disciplina geográfica, pero que concuerda con la idea de tecnociencia, que se halla bien presente en muchos otros campos del saber. No cabe duda de que esta antigua ciencia, que sigue cabalgando entre los territorios de las ciencias físico-naturales y sociales, adquiere así nuevos pilares y robustece su presencia y relevancia en el contexto científico actual.

Bibliografía

Agazzi, E. (1998). El impacto epistemológico de la tecnología, *Argumentos de razón técnica: Revista española de ciencia, tecnología y sociedad, y filosofía de la tecnología*, 1, 17-32. <http://www.argumentos.us.es/numero1/agazzi.htm>

Anselin, L. (2002). Under the hood. Issues in the specification and interpretation of spatial regression models. *Agricultural Economics*, 27(3): 247–267.

Ariza López, F.J. (2013). Ed. *Fundamentos de evaluación de la calidad de la información geográfica*. Jaén, Universidad de Jaén.

Ariza López, F.J. y Atkinson-Gordo, A.D.J. (2008). Analysis of some positional accuracy assessment methodologies, *Journal of Surveying Engineering* 134 (2), 404-407.

Ariza López, F.J. y Rodríguez Avi, J. (2014). Un método estadístico general para el control posicional de datos espaciales, *GeoFocus (Artículos)*, nº 14, 105-119.

Bosque Sendra, J. (1994). Análisis exploratorio de datos, en Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. *Prácticas de análisis exploratorio y multivariante de datos*. Barcelona, Oikos-tau, 11-86.

Bosque Sendra, J., Díaz Castillo, C., Díaz Muñoz, M. A., Gómez Delgado, M., González Ferreiro, D., Rodríguez Espinosa, V. M., Salado García, M. J. (2004). Propuesta metodológica para caracterizar las áreas expuestas a riesgos tecnológicos mediante SIG. Aplicación en la Comunidad de Madrid, *GeoFocus (Artículos)*, 4, 44-78.

Buzai, G. D. (1999). *Geografía global. El paradigma geotecnológico y el espacio interdisciplinario en la interpretación del mundo del siglo XXI*. Buenos Aires, Lugar Editorial.

Buzai, G. D. (2001). Paradigma Geotecnológico, Geografía Global y CiberGeografía, la gran explosión de un universo digital en expansión, *GeoFocus (Artículos)*, 1, 24-48.

Buzai, G. D. (2011). La geotecnología: ¿Nuevo paradigma de la geografía o paradigma geográfico de la ciencia?, *Revista Catalana de Geografía*, XVI, 42, 10 www.rcg.cat/articles.php?id=187

Buzai, G. D. Baxendale, C. y Cruz, M. R. (2010). Fases de un proyecto de investigación en estudios de Geografía aplicada basados en el uso de sistemas de información geográfica, en Buzai, G. D. (ed.): *Geografía y sistemas de información geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Luján, GESIG- Universidad Nacional de Luján, 197-216.

Caspary, W. y Scheuring, R. (1993). Positional accuracy in spatial databases, *Computers, Environment and Urban Systems*, 17 (2), 103–110.

Condeço-Melhorado, A., Reggiani, A. y Gutiérrez, J. (2014) (Eds.). *Accessibility and Spatial Interaction*. Edward Elgar, NECTAR Series.

Condeço-Melhorado, A., Gutiérrez Puebla, J., García Palomares, J.C. (2013). Influence of distance decay on the measurement of spillover effects of transport infrastructure: a sensitivity analysis, *GeoFocus (Artículos)*, 13-1, 22-47.

Dasgupta, A. 2013. Big data: The future is in analytics. *Geospatial World*, 3 (9), 28-36. <http://geospatialworld.net/Magazine/MArticleView.aspx?aid=30512>

Echeverría, J. (1998). Teletecnologías, espacios de interacción y valores, *Teorema*, XVII, 3, 11-25.

Echeverría, J. (2001). Ciencia, tecnología y valores. Hacia un análisis axiológico de la actividad tecnocientífica, en Ibarra, A. y López Cerezo, J.A. (Eds.). *Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad*. Madrid, Biblioteca Nueva, 137-148.

Gómez Delgado, M. y Barredo Cano, J. I. (2005). *Sistemas de información geografía y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*, Madrid, Ed. Ra-Ma.

Gómez Delgado, M. y Bosque Sendra, J. (2004). Sensitivity analysis in multicriteria spatial decision-making: a review, *Human and ecological risk assessment*, 10, 1173-1187.

Goodchild, M. y Gopal, S. (1989). Eds. *The accuracy of spatial databases*. London, Taylor & Francis.

Hunter, G., Jones, S., Bregt, A. y Masters, E. (2003). Spatial data quality, in C.M. Bauzer Medeiros (ed.), *Advanced geographic information systems, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Vol. II, developed in the framework of UNESCO, EOLSS Publishers, Oxford, 17 p.

Koutsopoulos, K. C. (2011). Changing paradigms of geography. *European Journal of Geography* 1, 54-75.

Lilburne, L. y Tarantola, S. (2009). Sensitivity analysis in spatial models, *International Journal of Geographical Information Science*, 23 (2), 51-168.

Lloyd, C. D. 2008. *Spatial data analysis: an introduction for GIS users*. Oxford, Oxford University Press.

Márquez Pérez, J., Ojeda Zújar, J. y Álvarez, J. I. (2014). Análisis de redes y sensibilidad a la unidad mínima de información poblacional: Sanlúcar de Barrameda (Cádiz), *GeoFocus (Artículos)*, 14, 85-104

Moreno Jiménez, A. (1994). Clasificación multivariante en Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. *Prácticas de análisis exploratorio y multivariante de datos*. Barcelona, Oikos-tau, 133-214.

Moreno Jiménez, A. (2010): GeoFocus: diez años en el camino hacia la sociedad de la geoinformación, *GeoFocus (Editorial)*, 10, 1-6.

<http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/188/44>

Moreno Jiménez, A. (2013). Entendimiento y naturaleza de la cientificidad geotecnológica: una aproximación desde el pragmatismo epistemológico. *Revista de Investigaciones Geográficas*, 60, 5 - 36.

[http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/34742/1/Investigaciones Geograficas_60_01.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/34742/1/Investigaciones_Geograficas_60_01.pdf)

Moreno Jiménez, A. (2015). Sociedad de la geoinformación y conducta espacial del ciudadano como nuevos desafíos para la Geografía, *Polígonos*, 27, 15 p. (en prensa)

Moreno Jiménez, A. y Prieto Flores, M. E. (2003). Evaluación de procedimientos para delimitar áreas de servicio de líneas de transporte urbano con sistemas de información geográfica, *Investigaciones Regionales*, 2, 85-102.

<http://www.aecr.org/ImatgesArticles/2007/05-Moreno.pdf>

Moreno Jiménez, A. y Prieto Flores, M. E. (2004). ¿Cómo afecta la unidad espacial a la visualización y modelado del área de mercado con sistemas de información geográfica? Implicaciones para el geomarketing, *Estudios Geográficos*, LXV, 257, 617-636. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1973176>

Parker, R. N. y Asencio, E. K. (2008). *GIS and spatial analysis for the social sciences. Coding, mapping and modeling*. Londres, Routledge.

Plata Rocha, W., Gómez Delgado, M., Bosque Sendra, J., Aguilar, J.M. (2013). Análisis de sensibilidad para un modelo de simulación de crecimiento urbano. Propuesta metodológica explícitamente espacial, *GeoFocus (Artículos)*, 13-2, 158-178.

Rogerson, P. A. 2015. *Statistical methods for geography: A student's guide*. Sage.

Saberi, B. y Ghadiri, N. (2014). A sample-based approach to data quality assessment in spatial databases with application to mobile trajectory nearest-neighbor search. *Journal of Computing and Security*, 1, 3, 239-249.

<http://www.jcomsec.org>

Salado García, M. J. (2012). Localización de los equipamientos colectivos, accesibilidad y bienestar social, en Bosque Sendra, J. y Moreno Jiménez, A. (Eds). *Sistemas de información geográfica y localización óptima de instalaciones y equipamientos*. Madrid, Ra-Ma, 41-72.

Saltelli, A., Chan, K. y Scott, E. M. (2000). *Sensitivity analysis*, Chichester, UK, Wiley.

Schuurman, N. 2004. *GIS: A short introduction*. John Wiley & Sons.

Steinberg, S. J. y Steinberg, S. L. (2006). *Geographical information systems for the social sciences. Investigating space and place*. Thousands Oaks, etc. Sage.

Tricart, J. (1978). Méthodes de travail. Les enregistrements de télédétection, source d'information pour l'étude de l'environnement écologique, *Rev. de Geom. Dyn.* 27, 29-41.

Zeiler, M. (1999). *Modeling our world: The ESRI guide to geodatabase concepts*. Redlands, ESRI.

BALANCE Y ACTUALIDAD DE LA GEOGRAFÍA CUANTITATIVA

**Gustavo D. Buzai
Armando García de León**

Introducción

El concepto de Geografía Cuantitativa (Burton, 1963) llegó a los cincuenta años de existencia. Este hito se presenta como punto ideal para hacer un balance de su desarrollo y reflexionar sobre la situación actual, siendo este el principal objetivo del presente capítulo.

Enmarcados en la Geografía como ciencia humana la incorporación de desarrollos matemáticos y estadísticos no solamente representaron un avance metodológico, sino de manera conjunta una forma de pensar y acceder a la realidad.

Desde un inicio, en el cual tuvo una clara reorientación hacia la superación de la Geografía tradicional (Schaefer, 1953) que se abocaba al estudio de aspectos únicos e irrepetibles, hasta su posición de sustento del desarrollo de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), la evolución de la Geografía Cuantitativa en Geografía Humana ha transitado cuatro etapas: *surgimiento paradigmático, desaceleración, reafirmación y consolidación*.

Cada una de ellas muestra diferentes aspectos de su desarrollo. La primera estableció los fundamentos iniciales, la segunda una desaceleración en la cantidad de estudios en el período de dominio de las posturas críticas, la tercera su reafirmación como ciencia espacial y, la cuarta, su consolidación sustentada en las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) en general y en los SIG en particular.

Asimismo la situación actual permite verificar un impacto teórico-metodológico que trasciende los límites disciplinarios apareciendo también campos interdisciplinarios y transdisciplinarios. Corresponde a una línea de avance que presenta un claro interés por la incorporación de la dimensión espacial en una variedad de estudios a través de técnicas cuantitativas abstractas que llegan al mayor nivel de concreción ante el estudio de la realidad empírica con amplio potencial de generar información estratégica para la toma de decisiones.

Primera etapa: Surgimiento paradigmático

La Geografía quedó definida como ciencia humana con posterioridad a un largo período de gran acumulación de conocimientos experimentado hasta finales del siglo XIX. El principal aporte para esta definición fue el libro de Ratzel (1882) en el cual la Geografía adquiere un punto de vista ecológico como la ciencia que estudia la relación entre el hombre y el medio, seguido por los posteriores aportes de Vidal de la Blache (1913) en la que queda definida la región como su objeto de estudio.

Esta perspectiva de ciencia humana es la que posibilitó mantener cierta cohesión en la comunidad científica hasta hoy. Este campo relacional se mantuvo con evolución de sus componentes (sociedad-ambiente, sociedad-naturaleza, sociedad-espacio geográfico) y con la posibilidad de ser abordados desde diferentes posturas: las que consideraron que el medio tiene predominancia sobre el hombre (*determinismo*), aquellas que ponen énfasis en las posibilidades de respuestas (*posibilismo*) y una intermedia entre ellas a partir de diferentes grados de factibilidad (*probabilismo*). Todas aplicadas en límites espaciales concretos.

Desde un punto de vista paradigmático (Buzai, 1999), la Geografía Regional de principios del siglo XX consideró a la región como realidad objetiva, es decir, que su existencia era previa a la del investigador, por lo cual debían descubrirse sus límites y describir en su interior todos los aspectos físicos y humanos. Este método, según Vidal de la Blache (1913) consistió en “la curiosidad superficial para la descripción de regiones”.

Mientras la perspectiva regional de Vidal de la Blache se basó filosóficamente en el positivismo propuesto por Auguste Comte, a finales de la década de 1930 comenzaba a tener predominancia una perspectiva de impacto racionalista de bases neokantianas impulsada por Hartshorne (1939) a partir del trabajo de Hettner (1927). Mantuvieron a la Geografía en el interior del excepcionalismo y en base a la clasificación de las ciencias propuesta por Wilhelm Windelband distinguieron dos geografías, una *idiográfica* que estudia fenómenos únicos (Geografía Regional) y otra *nomotética* que estudia aspectos generalizables (Geografía General). Bajo esta perspectiva la especificidad geográfica estaría dada por la perspectiva idiográfica (Rey Balmaceda, 1973).

Aunque esta perspectiva coincide en gran medida con la inicial perspectiva tradicional, es notable que se produce una revolución intelectual desde una Geografía Regional hacia una Geografía Racionalista. Aunque se mantenga la postura de considerar a las regiones como realidades únicas e irrepetibles, el cambio de perspectiva indica que ya no es una realidad objetiva sino que se define a través de procedimientos intelectuales racionales que permiten poner límites en el espacio geográfico. Para Hartshorne (1939) la Geografía podría ser definida como una ciencia que estudia la diferenciación areal.

La construcción regional se sustenta en el método de superposición cartográfica sostenida conceptualmente por el trabajo de Sorre (1943-1952). Este método combinaba aspectos físicos y humanos intentando obtener áreas homogéneas y relaciones de causalidad. Corresponde al método fundamental de la Geografía que hasta hoy se mantiene y justifica el uso de las actuales TIG.

A mediados del siglo XX, el contexto histórico resulta tener un papel preponderante como historia externa de la disciplina que propicia un nuevo cambio paradigmático. La segunda guerra mundial y la posguerra propiciaron el desarrollo científico-tecnológico de ciertas líneas académicas ligadas a la física-matemática las cuales tuvieron un notable impacto dentro de las ciencias en general y para la Geografía en particular (Johnston, 1987).

La primera crítica sistemática realizada a la Geografía Racionalista proviene del trabajo de Schaefer (1953) y toma un papel central al generar la base conceptual que llevaría a un cambio paradigmático en nuestra ciencia a partir de la Geografía Cuantitativa. Propone un abordaje opuesto orientado a buscar generalidades, utilizar métodos cuantitativos y generar una Geografía que lleve al descubrimiento de las leyes que rigen las pautas de distribución espacial.

Aparece la llamada Revolución Cuantitativa (Burton, 1963) entendida principalmente como una tendencia conceptual por su alto nivel de abstracción.

En este sentido, si bien fue el término *Geografía Cuantitativa* el que se ha privilegiado para definir esta línea (Garrison y Marble, 1967; Cole y King, 1968), también fueron destacados otros aspectos: sus características teórico-metodológicas al definirla como *Geografía Teórica* (Bunge, 1962, 1966), su aspecto revolucionario al denominarla *Nueva Geografía* (Manley, 1966), su alto contenido estadístico al llamarla *Geografía Estadística* (Berry y Marble, 1968) y su perspectiva de *Macro Geografía* en los estudios de la Física Social (Stewart y Warntz, 1958).

A partir del predominio del paradigma cuantitativo se rescatan los que se consideraron trabajos clásicos que habían utilizado principalmente a la Geometría como lenguaje espacial (Von Thünen, 1826; Weber, 1909; Burgess, 1925; Christaller, 1933; Losch, 1939; Hoyt, 1939; Harris y Ullman, 1945). Estos estudios fueron ampliados posteriormente desde un punto de vista analítico utilizando la matriz de datos geográfica propuesta por Berry (1964) como sistema organizador de los datos de naturaleza espacial con posibilidades de trabajarse en perspectivas regionales, generales y temporales.

La ampliación de las bases geométricas a partir de un fuerte componente matemático y la modalidad matricial, en la cual era posible aplicar las diversas metodologías estadísticas en el análisis del espacio geográfico, permitiendo generar abordajes modelísticos de las distribuciones espaciales. Ante la gran variedad de aplicaciones surgen una serie de obras que sistematizaron la perspectiva: Bunge (1962), Haggett

(1965), Garrison y Marble (1967), Cole y King (1968), Harvey (1969) y Chorley (1973).

Consideramos que la etapa inicial generó básicamente siete principios que caracterizan los estudios de análisis geográfico a partir de la cuantificación:

* El abordaje geográfico es principalmente espacial: Desde el inicio de la Geografía como ciencia humana hemos visto que existen dos formas principales de encarar la investigación geográfica: primero como el estudio de la relación hombre-medio (definición ecológica) o bien como el estudio de la diferenciación areal (definición corológica), las cuales pueden complementarse. Indudablemente cualquiera de estas perspectivas tiene su sustento en el espacio geográfico y para la Geografía Cuantitativa no existe posibilidad de realizar estudios geográficos sin base espacial, esta base de asociaciones y correlaciones espaciales es la que brindaría la identidad que singulariza a la Geografía en el contexto de las ciencias.

* La región se construye: Tomando el avance teórico generado por la perspectiva racionalista los estudios de Geografía Cuantitativa consideran que la región, como delimitación de espacio sobre la superficie terrestre, se construye. No existe una región como realidad objetiva previa al investigador, sino que éste le pondrá límites de acuerdo a los objetivos de la investigación.

* La metodología de construcción regional es cuantitativa: A diferencia de la perspectiva racionalista, la cual construía sus espacios geográficos a partir de la superposición cartográfica en un nivel cualitativo, la Geografía Cuantitativa utiliza métodos clasificatorios. El procedimiento de clasificación que en las ciencias es utilizado para obtener clases de objetos específicos, en Geografía Cuantitativa se utilizaría para agrupar unidades espaciales y esto a nivel cartográfico lleva a definir espacios como parte del proceso necesario para la formación de regiones.

* Se busca la construcción de modelos: Es una de las finalidades principales como ciencia nomotética, ya que atiende a las características espaciales generalizables. Los modelos espaciales son construcciones simplificadas de la realidad espacial que permiten comprenderla en sus rasgos fundamentales y también pueden actuar como una guía para la planificación territorial. Además, el desarrollo de modelos permite tener una base firme para avanzar en la construcción y transmisión del conocimiento.

* Se descarta el excepcionalismo: La Geografía no es una ciencia excepcional y por lo tanto tiende a realizar estudios de aspectos generalizables que llevan a la construcción de modelos. Como cualquier otra ciencia, la Geografía puede utilizar métodos cuantitativos para estudiar aspectos espaciales a partir de los cuales el investigador pondrá a prueba sus hipótesis y generará otras.

* Se producen capacidades interdisciplinarias: Poder disponer de procedimientos metodológicos basados en la cuantificación brindaría la posibilidad de compartir un lenguaje común a otras ciencias. De esta manera la Geografía adquiere una mayor

capacidad interdisciplinaria en el intercambio basado en el trabajo de aplicación concreto. Las demandas de un saber al otro se sustentan en una base compartida.

* Se logra una mayor objetividad: En ningún momento se considera que la investigación científica sea objetiva ya que intervienen constantes niveles de subjetividad a través de diferentes niveles decisionales que el investigador toma en un proceso constructivista. Sin embargo, se considera que se avanza en mejorar la objetividad al brindar abiertamente los métodos y procedimientos seguidos en la construcción de conocimientos, es decir, que cualquier investigador podrá reproducir los procedimientos aplicados y obtener los mismos resultados. Básicamente el planteamiento anterior se valida en gran manera al guiarse por los principios del método científico.

Segunda etapa: Desaceleración

El paradigma cuantitativo sería protagónico en la Geografía desde mediados de la década de 1950 hasta principios de la década de 1970, de manera coincidente con el incipiente empleo de computadores electrónicos accesibles a la investigación científica. Durante este período nuevamente algunos acontecimientos sociales impactan a través de hitos importantes que requieren nuevas perspectivas y abordajes.

Particularmente en Estados Unidos se viven dos eventos políticos claves en la década de 1970: un movimiento por los derechos civiles en contra de las desigualdades producidas por el sistema capitalista de producción y la guerra de Vietnam tomado como ejemplo de los efectos más negativos del capitalismo de dominación imperialista. En Europa sobresale el “mayo francés” de 1968, movimiento estudiantil que con el lema “la imaginación al poder” es considerado la última utopía de la modernidad. Estos aspectos producen un resurgimiento del socialismo y un importante proceso de radicalización de las ciencias (Peet, 1975, 1977).

Esta situación lleva a que una serie de geógrafos dirijan sus críticas al paradigma cuantitativo y se presentan abiertamente opuestos a él generando la llamada *Geografía Radical*. Esta nueva Geografía estaría formada por dos vertientes: una *Crítica* basada en la teoría marxista y otra *Humanista* que apunta a la comprensión de la relación entre la percepción individual y el medio.

El paradigma crítico se presenta a favor de una Geografía orientada a la transformación de la realidad social y a partir de considerar la crisis generalizada del sistema capitalista en dos formas: primero mediante una perspectiva estructuralista y luego en su versión centrada en la lucha de clases, en un intento por contribuir a la eliminación del orden establecido. En este sentido, la Geografía Cuantitativa es criticada por considerarla desprovista de compromiso social y porque sus estudios tendrían utilidad para perpetuar el sistema y mantener el *status quo*.

Regresando al paradigma crítico se tiene que sus estudios centran su atención en la relación que existe entre la Geografía y la dominación de clases sociales a partir de las pautas superestructurales impuestas por la sociedad capitalista. Bajo este enfoque las formas particulares que toman estas relaciones comienzan a ser estudiadas basándose en trabajos realizados en otras disciplinas sociales principalmente la Economía, la Filosofía y la Sociología, debido a que aún el tema espacial, según Lacoste (1977), no había encontrado reflexiones filosóficas y epistemológicas por parte de los geógrafos.

De acuerdo con esta afirmación, al no existir la reflexión teórica necesaria, la Geografía se volcó hacia dos tradiciones: la de los Grandes Estados y la de los Profesores. La primera como práctica concreta del poder para la dominación de los espacios geográficos nacionales y mundiales, mientras que la segunda se presenta como encargada de enmascarar a la primera y trasladar la ideología de las clases dominantes a los alumnos.

A partir de estos cuestionamientos al tradicional abordaje geográfico se producen los estudios del paradigma crítico, los cuales intentan dar un vuelco a la Geografía que hasta ese momento supuestamente actuaba como apoyo fundamental para el dominio espacial del sistema capitalista de producción.

En este sentido, al existir una relación muy estrecha entre los procesos sociales y las formas espaciales, el espacio pierde su carácter de absoluto para convertirse en una construcción social y aparece una preferencia a considerar una visión territorial como concepto de construcción dialéctica en cuanto a su apropiación (Harvey, 1973). El espacio geográfico es un reflejo imperfecto, una apariencia y toman a Kosik (1967) para presentarlo como un *pseudoconcreto* de lo social, por lo tanto deberían modificarse las relaciones sociales si se quiere lograr mayor justicia en las distribuciones y relaciones espaciales.

Las desigualdades sociales generan desigualdades espaciales dado que la acumulación de capital se verifica desigual en ambos niveles. Así entonces el sistema capitalista es una organización socioproductiva que amplía constantemente las diferencias sociales y con ello las diferencias espaciales.

En esta etapa el foco de análisis tiene un giro hacia problemáticas sociales urgentes y que la Geografía Cuantitativa había prácticamente ignorado, tales como el espacio de la pobreza, la delincuencia, la discriminación por clase y cultura, la marginalidad y la vulnerabilidad social, el desempleo, la prostitución, el tráfico de armas y drogas, entre otros aspectos. Surge así un territorio de múltiples dimensiones que actúa considerando variables ligadas por la estructura económica (la principal estructura desde la teoría marxista) generando cada vez mayores desigualdades que desde la perspectiva cuantitativa sería imposible resolver.

Conviene reflexionar sobre cómo la Geografía Cuantitativa, hasta entonces uno de los paradigmas dominantes, en cierta manera pierde parte de su dinamismo ante los

cuestionamientos que van apareciendo desde la postura Radical. Desde luego este efecto fue más notorio en los países con menor desarrollo, dado que las potencias mundiales tenían un aparato científico que les permitía seguir adelante en la mayor parte de las áreas científicas, más allá de las dudas o posibles cuestionamientos que pudieran generar algunas o muchas de sus investigaciones. De cualquier forma puede afirmarse que el empleo de métodos cuantitativos disminuyó su impulso entre la década de los setenta y los ochenta. Lo anterior podría explicarse a partir de dos hechos, estrechamente ligados entre sí.

Primero, por el relativamente escaso número de geógrafos dedicados a la cuantificación y dispersos en una serie de países, tal vez sin lograr completar una masa crítica suficiente para justificar sus posturas (la mayor parte de ellas de corte positivista). Es fácil comprender la dificultad que se tenía en los años sesenta para que especialistas en algún tema geográfico también fueran conocedores de la estadística matemática, además de contar con el conocimiento y habilidad para manejar tecnologías computacionales modernas. En consecuencia de lo anterior ese tipo de profesionales era minoría, comparado con el número ciertamente mayor de científicos orientados a plantear estudios meramente teóricos, en especial dentro del campo de la geografía humana.

En segundo término, sería interesante determinar si los principales detractores de la cuantificación basaban sus cuestionamientos en elementos netamente académicos y filosóficos, o si serían precisamente aquellos geógrafos (de cualquier línea) cuya formación y experiencia era ajena a la cuantificación y, por tanto, con menores posibilidades de aprovechar los recursos y herramientas de aparición más o menos reciente, abiertas a todo el mundo y dentro de una verdadera revolución tecnológica.

De todas formas esta desaceleración en la producción de trabajos científicos elaborados desde la Geografía Cuantitativa, derivada en buena parte de los severos cuestionamientos de los críticos y los humanistas, empezaba a contrastar con las aplicaciones prácticas crecientes en la Geografía Cuantitativa, en especial cuando los gobiernos de un buen número de países empezaron a establecer planes de desarrollo regional (García, 2010) basados en análisis espaciales y modelos de carácter cuantitativo. Al interiorizarse en la realidad de sus territorios y para dimensionar las problemáticas que afectaban a algunos sectores de su población, los especialistas de instituciones oficiales descubrían la utilidad de las alternativas modernas, accesibles para quienes estaban capacitados para emplear las entonces nuevas alternativas tecnológicas. A diferencia de los teóricos radicales, quienes buscaban darle sentido social a la Geografía desde sus plataformas conceptuales, seguramente ningún analista del territorio dentro del ámbito de la planeación operativa se cuestionaba si era adecuado emplear métodos cuantitativos, computadores electrónicos y paquetes de cartografía automatizada para ubicar y dimensionar las problemáticas más acuciantes para de ahí proponer opciones para reorientar las políticas públicas.

Si bien el paradigma crítico comenzó a gestarse a finales de la década de 1960 con las denuncias de marginalidad urbana comprobada en diferentes “expediciones urbanas”

realizadas en espacios del desarrollo capitalista (Bunge, 1969) y con la aparición de la revista *Antipode* (Peet, 1977), recién a mediados de la década de 1970 comienza a establecerse un marco conceptual apoyado en la teoría marxista, cuyos aportes pioneros lo representan los trabajos de Harvey (1973) y Peet (1975, 1977).

Por otro lado, la postura del paradigma humanista también se encontraba opuesta a los postulados de la Geografía Cuantitativa, sin embargo, a diferencia de la perspectiva crítica, ésta valoriza principalmente los aspectos psicológicos en la relación entre el mundo interior y exterior del individuo, tales como la percepción, las actitudes y los valores hacia el medio ambiente. En este sentido, la Geografía desde una perspectiva humanista se encarga de estudiar y entender los mundos individuales, con categorías que, según Relph (1970) no necesariamente deban adecuarse para un análisis científico.

Estos estudios parten de la premisa que considera cada avance en la sofisticación analítica como una pérdida de realismo en cuanto a los patrones sobre el terreno (Buttimer, 1983). Surgen los estudios de sentimientos individuales en la línea de la "Topofilia" como neologismo que se refiere a los lazos afectivos que unen a los seres humanos con su entorno (Tuan, 1974).

El paradigma humanista también surge a mediados de la década de 1960 como una forma de abordaje geográfico alternativo y se encuentra muy emparentado con los estudios culturales de vertiente geográfico-antropológica realizados por Sauer (1925) y con aquellas investigaciones basadas en elementos simbólicos para la conformación de mapas mentales (Lynch, 1960; Strauss, 1961). A pesar de encontrarse en el humanismo, el trabajo de Lynch se propuso la búsqueda de pautas generales y a través de generalidades permitió un avance del cuantitativismo en esta línea de trabajo a partir de que Gould (1972, 1975) incorporara el análisis de correlación y el análisis factorial en los mapas de preferencias.

La focalización analítica de esta perspectiva se centra en los aspectos de la percepción, las estructuras y respuestas psicológicas comunes, el etnocentrismo y las preferencias individuales (Tuan, 1973), en el rescate de la postura fenomenológica (Relph, 1970; Buttimer, 1974) y en el estudio de las diferentes respuestas producidas a través de la valoración espacial. Se rescata a su vez la noción de "paisaje" desde un punto de vista de la topofilia, por lo tanto, muchos geógrafos de las posturas regionales-racionalistas encontraron en el paradigma humanista nuevas perspectivas de análisis.

Aparte de los enfoques y avances basados en el paisaje, conviene establecer que los intentos de análisis de los elementos geográficos desde el humanismo llevan irremediamente a la Geografía (o a cualquiera otra disciplina) al callejón de enfrentar los análisis sociales desde los estudios de la personalidad de los miembros de una sociedad y a la singularidad e irrepitibilidad de cada uno de ellos.

Se llega así a una perspectiva desde la cual los intentos de generalización y/o modelación de patrones de comportamiento en una escala general, se hacen

prácticamente inviables. Como única alternativa para la investigación quedan los estudios de caso, para los cuales la Geografía tiene menos que ofrecer al omitirse la dimensión espacial, posición por demás desventajosa pues de manera natural quedará muy atrás de disciplinas con alta especialización y larga tradición en estudiar al ser humano como individuo, tales como la Psicología, la Sociología o la Antropología, por mencionar solo algunas de las principales.

Tercera etapa: Reafirmación

La etapa caracterizada por fuertes críticas al cuantitativismo genera una serie de respuestas y orientaciones que se presentan a continuación:

* Sobre los cambios paradigmáticos: A partir del trabajo de Kuhn (1962, 1970) muchos geógrafos estudiosos del desarrollo conceptual de esta disciplina aplicaron su modelo de evolución científica. La Geografía del siglo XX, si bien podía presentar la regularidad de cambios paradigmáticos con períodos promedio de 20-25 años de duración, se aparta del modelo cuando se verifica que en ningún momento un paradigma eliminó por completo al anterior, sino que lo desplazó momentáneamente. De esta manera así como la Geografía Cuantitativa no eliminó a la Geografía Regional ni a la Geografía Racionalista, los paradigmas de la Geografía Crítica y la Geografía Humanista no terminaron con el paradigma cuantitativo. De esta manera actualmente son vigentes cuatro líneas paradigmáticas (Buzai, 2015).

* Sobre el monismo metodológico: La incorporación de técnicas cuantitativas en Geografía no necesariamente hace que los abordajes geográficos deban ser realizados bajo los cánones de las ciencias experimentales, las cuales son tomadas generalmente como modelos de ciencia. De hecho, la Geografía Cuantitativa, como perspectiva de análisis espacial, no puede llegar al nivel de experimentación logrado por algunas Ciencias Exactas y Naturales, ya que las variables socioespaciales son de imposible manipulación. Sin embargo, cabe aclarar que las ciencias son principalmente observacionales y que la experimentación es simplemente una de las formas posibles de observar. La Astronomía, ciencia de gran prestigio, nunca ha podido experimentar sino comprobar sus hipótesis y poner a prueba sus modelos a partir de innumerables observaciones y mediciones. La Geografía Cuantitativa actuaría de la misma forma, sin posibilidad de manipular condiciones de contexto, pero con la rigurosidad plena que puede lograrse a partir de la medición sistemática de los aspectos socioespaciales.

* Sobre las temáticas incorporadas: Si se analizan las críticas sobre la relevancia social de la disciplina, la Geografía Cuantitativa difícilmente podría aportar soluciones en un orden a-espacial y, como se mencionó antes, es por esto que las posturas radicales tuvieron que basarse en estudios de otras disciplinas que se encontraban más capacitadas para captar otros niveles de análisis. Las nuevas problemáticas no se encontraban en la agenda de la Geografía Cuantitativa por lo que las nuevas perspectivas buscaron posicionarse a través de un mayor compromiso social. Sin embargo, actualmente pasaron tres décadas del surgimiento de la Geografía Crítica y los problemas centrales evidenciados con el nuevo paradigma no solamente se han

mantenido, sino que se han agravado de manera considerable. En síntesis, la Geografía Cuantitativa no ha dado solución a las problemáticas incorporadas y la Geografía Crítica tampoco, aunque ahora estas problemáticas se encuentran mejor caracterizadas y dimensionadas.

* Sobre la esencia y la apariencia: La Geografía Cuantitativa pone su foco de atención en las manifestaciones espaciales de los procesos sociales. No niega la existencia de una dialéctica socioespacial, sin embargo, no es interés de la Geografía Cuantitativa realizar abordajes ontológicos y deja ese nivel para la Filosofía, la cual, según una definición clásica, se encargaría de estudiar las primeras causas en el orden del ser y las últimas en el orden del conocer. Así también deja a otras ciencias la explicación de relaciones a-espaciales que pueden ser consideradas por los geógrafos para comprender más acabadamente la realidad espacial bajo estudio. Esencia y apariencia no son aspectos contrapuestos sin embargo puede notarse que en la búsqueda de la esencia espacial muchas veces se deja de lado el nivel empírico necesario para intentar dar respuesta a problemas socioespaciales concretos. La Geografía Cuantitativa tiende a la búsqueda de soluciones corroborables en un nivel empírico.

* Sobre el nivel de abstracción: Generalmente se considera que la aplicación de métodos matemáticos brinda un grado de abstracción que separa los estudios geográficos de un nivel empírico. En principio parece poco viable que mediante la matemática sea posible modelar las emociones y los sentimientos humanos. Hay poca duda de que este fue uno de los principales cuestionamientos que pesaron, de manera sustancial, sobre el empleo de la cuantificación y de la tecnología dentro del análisis geográfico. Pero en esencia esa crítica carecía de bases reales. Si se regresa a la Psicología puede demostrarse de manera general el cómo la conducta humana pueden describirse, predecirse y modificarse tanto a escala individual como grupal. Para ello basta recordar los principios del conductismo (Skinner, 1953) y la mercadotecnia, actividad indudablemente exitosa a nivel mundial y capaz de sesgar las preferencias de amplios sectores sociales (Kotler *et al*, 1989), a partir de métodos basados en información obtenida mediante encuestas estadísticas y estimaciones sustentadas en modelación matemática. Para ilustrar lo anterior, puede ser suficiente referir un título clásico y más que sugerente de la Psicología moderna: "Modificación de la conducta y sus aplicaciones prácticas" (Kazdin, 1996). A pesar de estar en posibilidad de rebatir a sus críticos, de todas formas para la Geografía Cuantitativa estos aspectos no representan su foco de atención, sino que su abordaje se ha mantenido siempre en el ámbito espacial. Los aspectos concernientes al pensamiento humano quedan para ser analizados desde la Psicología (Buzai, 2011) u otras ciencias afines.

* Sobre la relevancia: La Geografía Humana puede formularse múltiples preguntas sobre la compleja realidad. Las preguntas que se realiza la Geografía Cuantitativa son de orden espacial, tendientes hacia la planificación territorial. El objetivo que persigue no es ayudar al cambio del sistema político, aún cuando los resultados que aporta bien pudieran dar evidencias sobre la necesidad de pensar en nuevas alternativas de modelo económico o político. De hecho no son muchas (si es que hay alguna) las disciplinas que puedan ofrecer una opción como la antes referida, sino trabajar para

colaborar en el mejoramiento de la calidad de vida de la población y del entorno ambiental del cual se beneficia o por el cual es afectada. Cuando las aplicaciones intentan obtener sitios óptimos para determinadas actividades, cuando se intenta analizar la eficiencia o equidad espacial, cuando se dimensionan y mapean las diferencias socioespaciales o cuando se intentan ver las posibilidades de evolución espacial se lo hace desde una visión centrada en mejorar la calidad de vida de la población. Las posibilidades de llevar a la práctica las soluciones encontradas generalmente no están en manos del científico o profesional geógrafo que realiza el estudio, sino en el nivel político, en donde deberían ser utilizados los informes generados a fin de tomar decisiones incorporando bases de fundamentación espacial. En última instancia, se conoce que la toma de decisiones dependerá más del alto funcionario gubernamental o empresario al que lleguen las conclusiones de un estudio cualquiera. En rigor, esas decisiones probablemente serán diferenciadas tan solo por el hecho de que esos sectores tienen fines particulares y, casi siempre, opuestos.

* Sobre los alcances: Los estudios realizados desde la Geografía Cuantitativa no son completos, así como tampoco son completos los estudios realizados desde otras perspectivas paradigmáticas. Ningún paradigma es el mejor, el más actual y el de mayor relevancia, adherir a uno u otro permite definir las preguntas a responder y las formas de buscar el conocimiento para lograr soluciones. La Geografía Humana se puede hacer a través de múltiples abordajes paradigmáticos, individuales o en combinaciones, y también a través de trabajos interdisciplinarios. La Geografía Cuantitativa permite la interdisciplina haciendo participar a la Geografía en cuanto a sus capacidades de ciencia basada en el análisis socioespacial. La crítica al fetichismo espacial resulta infundada porque en ningún momento se piensa que solucionando problemas espaciales se solucionarán problemas sociales, pero sin duda la resolución de los primeros ayudará a mejorar las condiciones sociales a partir de las prácticas de planificación (Baxendale, 2000). Resulta evidente que si la cuantificación pierde su visión espacial quedaría subsumida en otros campos que demuestran mayor aptitud para estudiar relaciones sociales cuando esto se hace sin sustento espacial.

Por otra parte y también dentro de esa etapa de revalorización de la cuantificación, es importante mencionar que hacia finales de los ochentas se consolida la teoría del crecimiento económico regional en sus dos vertientes principales: el enfoque del crecimiento equilibrado o convergente (Borst, 1960; Romans, 1965; Richarson, 1976; Cuadrado, 1990) y su abordaje opuesto: del crecimiento desequilibrado o divergente, iniciado este último casi cuatro décadas atrás (Domar, 1946; Harrod, 1950; Myrdall, 1957). Si bien fueron generadas dentro de la Economía, los geógrafos encontraron caminos prometedores de investigación al contar con un nuevo sustento teórico y conceptual para recuperar a la región como objeto central de análisis, en términos de intentar demostrar si esta va en camino de lograr reducir esas diferencias o, por el contrario, si estas se van agrandando al tiempo que se facilita caracterizar el comportamiento de sus unidades territoriales individuales.

A pesar de que esa posibilidad no fue un aporte de los geógrafos, se da el caso que para lograr tales demostraciones era necesario el empleo de técnicas y tecnologías

propias de la Geografía en general y de la Geografía Cuantitativa en particular. Más allá de determinar si dos o más lugares están convergiendo (o no) mediante la sola comparación estadística, medida a partir de indicadores macroeconómicos, ahora la Geografía daba la opción de ir más allá al identificar el comportamiento de cada una de las unidades territoriales así como ilustrar el alcance espacial de patrones similares encontrados en los lugares analizados.

De esta forma, la etapa de revalorización de la cuantificación fue concretándose en los años siguientes, ante las ventajas evidentes de su aplicación en las temáticas referidas antes y dentro del marco de la globalización cuyos efectos empezaban a sentirse de manera concreta. Ante las posibilidades que ofrecían los estudios espaciales realizados desde la Geografía, mediante la cuantificación y a partir de modelos locacionales, algunos especialistas notables, como Gunnar Myrdal y Paul Krugman dan un vuelco en su trayectoria. Migran sus abordajes teóricos desde la Economía hacia posturas propias de la Geografía Económica, bajo tres argumentos: la importancia de la localización; el hecho de que las dinámicas económicas abarcan con mayor claridad algunas regiones que a países completos y la concentración espacial de ciertas actividades económicas.

Para probar sus postulados económicos, Myrdal (1957) estudió el comportamiento y las interacciones regionales tema clave que lo llevó a ganar el Premio Nobel de Economía en 1978; mientras Krugman desarrolló diversos ejemplos para ilustrar algunos procesos de concentración geográfica y los principales elementos del modelo centro-periferia. Como se sabe, este autor abrió la línea llamada Nueva Geografía Económica (Krugman, 1992), orientada hacia el estudio de la concentración de la riqueza, de manera más que exitosa tal y como lo prueba el alcanzar el Premio Nobel de Economía 2008.

Los trabajos antes referidos son demostrativos de la trascendencia de la Geografía en general y del alcance que pueden alcanzar las investigaciones del comportamiento espacial a partir de modelos matemáticos. Se puede destacar que a diferencia de sus orígenes modernos, donde el geógrafo debía echar mano de otras disciplinas afines, ahora empezaban a presentarse casos opuestos como los referidos antes.

La Geografía Automatizada

Es posible plantear una especie de etapa de transición en la producción y empleo de la cuantificación dentro del análisis geográfico. Como ha sido expresado en Buzai (2015, figura 4) a inicios del siglo XXI se afianzaron en Geografía cuatro posturas para el análisis de la realidad: Geografía del Paisaje, Geografía Posmoderna (Soja, 1989), Geografía de la Percepción y Geografía Automatizada (Dobson, 1983a) basada en los desarrollos tecnológicos digitales que impactaron en nuestra ciencia, principalmente los SIG.

En Buzai (1999) hemos señalado que estas perspectivas pueden ser consideradas revalorizaciones paradigmáticas que decantan en tres líneas definidas a partir de la

historia disciplinaria durante los primeros tres cuartos del siglo XX. La Geografía del Paisaje incorpora conceptos del paradigma regional y su actualización al racionalista sin desestimar los aportes metodológicos del paradigma cuantitativo. La Geografía Postmoderna incorpora conceptos del paradigma crítico y al valorizar los estudios de la percepción han puesto su mirada en la perspectiva humanista. La Geografía de la Percepción sigue su línea inicial surgida del humanismo. La Geografía Automatizada se basa en el cuantitativismo con pequeños aportes del paradigma racionalista.

En el marco de la Geografía Automatizada, los SIG posibilitan tener una visión digital del mundo para su tratamiento y análisis mediante el uso de medios computacionales. Al inicio de la década de 1980 aparece una primera reflexión sobre la nueva revolución tecnológica que indudablemente generaría un notable impacto en la Geografía a través de la automatización de procedimientos, aspecto que fue tomado como campo de debate por la revista *The Professional Geographer* en 1983 y 1993, posición desde la cual se puede considerar clásica la compilación de Pickles (1995).

El trabajo inicial pertenece a Dobson (1983a) y surge como resultado de su reflexión acerca de los importantes avances experimentados en materia computacional, que según el autor, han permitido automatizar la mayoría de los métodos utilizados para la resolución de problemas geográficos. Con este argumento presenta el surgimiento de la Geografía Automatizada como campo de aplicación eminentemente técnico que lo considera ventajoso respecto de los métodos de trabajo tradicional.

Si bien Dobson (1983a, b) presenta conclusiones altamente optimistas, en las cuales vislumbra un camino irreversible hacia la creciente automatización, no deja de reconocer algunos efectos negativos: la posibilidad de pérdida de rigor teórico – empañado por el alto potencial técnico-, y la limitación que puede surgir al tener que orientar una investigación hacia procedimientos fácilmente automatizables. El primer inconveniente fue vivido en la época de la revolución cuantitativa, donde se mezcla teoría con metodología, mientras que el segundo –directamente producto de la automatización- podría superarse a partir del avance técnico y una integración flexible de los sistemas.

En la actualidad este último cuestionamiento también llega a confirmarse en parte al encontrar que un número importante de alumnos y profesionales dedicados a la Geografía suelen adentrarse a tal punto en la tecnología SIG que llega un momento en que sus objetivos se asemejan más a los de un ingeniero en sistemas que a geógrafos. Puede ser conveniente mencionar también que la modernidad obliga a los profesionales dedicados a la cuantificación a diferenciar, con todo cuidado, las capacidades que convierten a las técnicas estadísticas y computacionales en herramientas del análisis geográfico, para tenerlas claras como un medio para el análisis geográfico, evitando confundirlas con los propios fines del mismo.

La integración computacional es considerada por Dobson (1983a) como una tarea que debería resolverse en el futuro ya que las aplicaciones propias de la Geografía Automatizada (Cartografía Computacional, Computación Gráfica, Procesamiento

Digital de Imágenes de Sensores Remotos, Modelos Digitales de Elevación y Sistemas de Información Geográfica) al realizar tareas de alta especificidad como componentes rígidos presentan límites muy precisos entre ellas. En este sentido, cabe destacar que en la actualidad esta tarea se ha cumplido y la integración ha sido resuelta bajo el concepto de GeoInformática, con los SIG como su centro de gravedad.

Los comentarios respecto del aporte de Dobson (1983a) presentan diferentes profundidades de análisis que van desde simples cuestiones terminológicas respecto del uso del término Geografía Automatizada (Marble y Peuquet, 1983; Moellering y Stetzer, 1983; Poiker, 1983), hasta la incorporación de aspectos teóricos de relevancia en la consideración de una falta de neutralidad ideológica en su aplicación (Cromley, 1983).

Las reflexiones acerca del impacto conceptual de la automatización en Geografía se dirige hacia dos puntos: el impacto en la actividad científica bajo la consideración de que los conceptos incorporados en la tecnología no proveen desarrollos necesarios para la aparición de un nuevo paradigma (Dobson, 1983a, 1983b; Cromley, 1983; Moellering y Stetzer, 1983; Poiker, 1983), y el impacto de la automatización geográfica en otras ciencias (Kellerman, 1983).

Las relaciones interdisciplinarias entre la Geografía y el resto de las ciencias que comienzan a ver las ventajas de considerar la componente espacial a través de la automatización de procedimientos geográficos se presenta como un ámbito de nuevas reflexiones. Monmonier (1983) afirma que el camino del geógrafo hacia la integración de equipos interdisciplinarios es irreversible y con esa base Morrison (1983) afirma que se presentará una excelente oportunidad para que la Geografía pueda ocupar un lugar destacado en el contexto de las ciencias.

Los comentarios realizados hacia el inicial trabajo de Dobson (1983a) tienen una ampliación en Dobson (1983b) quien no avanza hacia cuestiones de mayor profundidad y con el mismo optimismo afirma que si bien –como lo menciona Poiker (1983)- la Geografía Automatizada no ha obtenido mejores resultados que los logrados por la Geografía Cuantitativa de la década del cincuenta, los inconvenientes mencionados serán superados y se afirmará la Geografía Automatizada como disciplina específica que utiliza sistemas cibernéticos, humanos y electrónicos para el análisis de los sistemas físicos y sociales.

Una década más tarde, la revista *The Professional Geographer* de agosto 1993 retoma el debate a través de un espacio titulado Automated Geography, a fin de volver sobre las consideraciones iniciales a la luz de la evolución de una década de avances en la temática. En la primera presentación Dobson (1993) ratifica su postura mencionando que la integración proclamada como necesaria en el pasado había comenzado a gestarse a través de la fuerza innovadora de los Sistemas de Información Geográfica y avanza teóricamente al considerar que su correcto uso se aseguraría mediante el apoyo conceptual de lo que Goodchild (1992) definió como Ciencias de la Información Geográfica (GIScience).

Sin intentar proponer la ocurrencia de una revolución paradigmática, Dobson (1993) reconoce que el tema ha sido abordado principalmente en su carácter de revolución tecnológica no como revolución científica. Sin embargo no se duda de un impacto amplio sobre las capacidades espaciales intelectuales individuales y colectivas a través de un importante apoyo al desarrollo de la inteligencia espacial (Gardner, 1983) que según Dobson (1993) comienza a ocupar un lugar destacado junto a la inteligencia lingüística y la inteligencia lógica-matemática que tradicionalmente privilegió la enseñanza.

Como puede verificarse en la década de los noventa, existe una notable orientación conceptual hacia los procesos de automatización en Geografía que fueron desde aspectos principalmente técnicos (Dobson, 1983a, b) hasta un mayor impacto teórico (Dobson, 1993). Si bien el aporte de Marble y Peuquet (1993) se ha mantenido en la postura de considerar un leve impacto en la disciplina, otros autores han demostrado un definitivo optimismo que va desde aspectos puntuales en la revalorización de los estudios de Ecología del Paisaje (Goodchild, 1993) o la integración de las posturas idiográficas y nomotéticas representadas respectivamente por Hartshorne y Schaefer (Sheppard, 1993) hasta considerar que los logros de la automatización generarán nuevos límites en la Geografía como ciencia (Pickles, 1993).

El impacto de las tecnologías digitales en Geografía no quedó allí, en Buzai (2015, cuadro 2) se presenta la línea conceptual que tiene actualidad a través de la Geografía Global y la Neogeografía, siendo la Geografía Automatizada una actualización de la Geografía Cuantitativa en medios informáticos. De cualquier manera, es necesario considerar un cuestionamiento ya de antaño en cuanto a la categoría de la Geografía como ciencia, en términos de la interrogante sobre si la Geografía en general ha generado nueva teoría. Incluso, se cuestiona su capacidad para lograrlo. Es el caso de Lopez de Souza (1997) quien se refiere a los geógrafos como exponentes de un empirismo exacerbado y durante mucho tiempo desinteresados en construir teorías propias. En contraste, de tiempo atrás se reconoce su capacidad para dimensionar de manera relativamente precisa una serie de problemáticas sociales y ambientales que hoy día han alcanzado relevancia estratégica. Más allá del debate sobre sus capacidades teóricas, sin duda se trata de una disciplina eminentemente práctica.

Cuarta etapa: Consolidación y actualidad de la Geografía Cuantitativa

La Geografía Automatizada revaloriza la cuantificación en los estudios de análisis espacial y amplía sus posibilidades, tanto por el uso de las computadoras personales difundidas hacia las más variadas ciencias generando una Geografía Global (Buzai, 1999) como por el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones que han permitido trasladar estas aplicaciones al ámbito del Ciberespacio (Dodge y Kitchin, 2001; Buzai, 2000; Toudert y Buzai, 2004) y hacia la Neogeografía (Turner, 2006; Ruiz, 2010; Buzai y Ruiz, 2012).

La ampliación de fundamentos que revaloriza el paradigma cuantitativo contempla los siguientes puntos:

* Sobre el espacio como plataforma de análisis: Gran cantidad de trabajos teóricos consideran el período actual como un momento de “revalorización del espacio”. Al respecto esta aseveración no debe corresponder a la totalidad de la Geografía como ciencia de múltiples enfoques, sino que sería bienvenido que esta realidad fuera considerada por la Geografía Crítica basada en estudios sociales donde incorpora gran cantidad de componentes a-espaciales, llegando a cuestionar que el espacio fuera necesariamente ámbito de estudio obligado en la Geografía. Por su parte, otros enfoques geográficos y entre ellos la Geografía Cuantitativa nunca perdieron su horizonte espacial como sustento fundamental de la Geografía Humana, incluso en estudios ambientales, donde no es tan frecuente su aplicación debido a la carencia de variables físicas, más difíciles de obtener que las de índole socioeconómica.

* Sobre un nuevo paradigma: Podría considerarse a la Geografía Automatizada como un nuevo paradigma de la Geografía. Su conceptualización se produjo 20-25 años más tarde que las últimas visiones paradigmáticas establecidas, pero esta automatización, a nuestro entender (Buzai, 1999) no sería una nueva forma de ver la realidad, simplemente significa que mediante el uso de las tecnologías digitales se han podido automatizar muchos de los procedimientos de análisis geográfico realizados por los abordajes racionalista y cuantitativo, por lo cual consideramos que es una excelente revalorización de estas posturas a través de un nuevo ambiente de trabajo. En resumen, la cuantificación mediante tecnología es a fin de cuentas una herramienta. No se espera que la tecnología proponga soluciones a los problemas que se abordan en la Geografía. En contraste, si deberá facilitar el planteamiento de análisis espaciales bajo el rigor científico ofreciendo resultados precisos y con el suficiente detalle para perfilar posibles soluciones a las problemáticas de toda índole (no únicamente las sociales) que se enfrentan.

* Sobre la definición de ciclos: El ciclo más común en la historia del pensamiento geográfico se define a través de los períodos de ciencia normal de 20-25 años de duración para las diferentes sucesiones paradigmáticas, aunque estos corresponden a la sucesión de posturas filosóficas amplias como las del historicismo y positivismo. Se descubren ciclos de 20-25, 100 y 200 años (Buzai, 2015) que permiten modelar esta evolución hacia el surgimiento de la Geografía Global y la Neogeografía.

* Sobre la explosión disciplinaria: En la ola inicial y final de este ciclo de 100 años se producen dos explosiones disciplinarias de la Geografía: a finales del siglo XIX. La Geografía brinda objetos de estudio a campos específicos explotando en muchos fragmentos y quedando definida como ciencia humana. Y a finales del siglo XX mediante la tecnología SIG brinda la posibilidad de incorporar la dimensión espacial al resto de las ciencias. A través de los SIG se trasladan saberes teórico-metodológicos de la Geografía al resto de las ciencias. Por otra parte, los SIG como concepto y como herramienta para el análisis espacial se potencian en alto grado si se incluyen los demás elementos y métodos básicos de la Geografía Cuantitativa.

* Sobre la “globalización” de la visión espacial: Desde las diversas ciencias las visiones espaciales incorporadas en los SIG llegan paulatinamente a la sociedad a través de los diferentes servicios de información. De esta manera muchos conceptos de base geográfica aparecen utilizados en diferentes contextos (ejemplo: mapa del genoma humano, atlas del cerebro, mapas conceptuales, entre otros).

* Sobre la incorporación del Ciberespacio: El nuevo espacio electrónico que se encuentra entre las pantallas de las computadoras también brindan la posibilidad de realización de estudios espaciales desde diferentes perspectivas. La Geografía Cuantitativa aporta mediciones a esta nueva dimensión a través de estudios globales en el ámbito de la Cibergeografía (Buzai, 2002; Toudert y Buzai, 2004), de las mismas posibilidades en computadoras personales y servicios remotos a través del SIG en línea (*GIS On-line*) o de los dispositivos móviles con total interacción a través de la Neogeografía en el marco de la Geotecnósfera planetaria.

* Sobre el impacto científico: Con base en la Geografía Cuantitativa el impacto de las tecnologías digitales ha sido tan notable que podemos verificar la existencia de nuevos campos disciplinarios (Geografía Automatizada y Cibergeografía), interdisciplinarios (Geocomputación, Geoinformática y Geografía Global) y transdisciplinarios (Ciencias de la Información Geográfica y Ciencias Sociales Integradas Espacialmente). Todo esto demuestra una línea de trabajo de notable dinamismo y con importantes posibilidades de evolución hacia el futuro.

Consideraciones finales

La Geografía Cuantitativa como paradigma básico de las actuales tecnologías digitales genera un impacto de gran alcance en actividades de aplicación en las que aparecen dos características principales: la visión espacial como enfoque predominante y la búsqueda de resultados empíricos para actuar sobre la compleja realidad. La expectativa es que la información resultante permita dimensionar la magnitud de las problemáticas socioeconómicas y ambientales analizadas, identificar los patrones de distribución espacial respectivos y con los elementos obtenidos faciliten perfilar acciones o políticas públicas específicas para buscar soluciones concretas.

Desde un punto de vista científico los resultados obtenidos se encuentran circunscriptos en la ciencia aplicada a partir del uso práctico de conocimientos teóricos tendientes a la resolución de problemas específicos y considerar la dimensión espacial como aspecto fundamental para comprender la realidad desde la Geografía y diferentes ciencias afines.

Las entidades ubicadas sobre la superficie terrestre difícilmente puedan ser reclamadas como objetos de estudio exclusivos de disciplinas particulares, por lo tanto la cuestión central de cada campo de conocimiento es su enfoque, y el enfoque geográfico es espacial, las teorías y metodologías de la Geografía están destinadas al estudio de las localizaciones, distribuciones, asociaciones, interacciones y evoluciones

espaciales. En este ámbito, la Geografía Cuantitativa ha definido de manera clara su ubicación y funciones dentro de la disciplina.

Debe destacarse que los estudios geográficos cuantitativos actuales realizados mediante el uso de los SIG se centran en la organización espacial. En la gestión de distribuciones actuales y en la planificación hacia distribuciones futuras de mayor eficiencia y capaces de ofrecer mayor equidad. El científico que centra su atención en las desigualdades socioespaciales dispone de herramientas y métodos rigurosos para medirlas concretamente y poder recomendar acciones que tiendan a aminorarlas dentro del objetivo global de investigación: mostrar la factibilidad para la realización de acciones que lleven a mejorar la calidad de vida de la población.

Puede afirmarse que los problemas que aquejan a las sociedades en la actualidad y en numerosos países son viables de estudiarse desde diversos enfoques y disciplinas. En particular, dentro de la Geografía cualquiera de sus ramas también tendrá esta capacidad. Sin embargo, a diferencia de la mayoría de otras ciencias, el localizar dónde ocurren estas problemáticas, determinar el alcance de las mismas y caracterizar las carencias locales de manera más o menos precisa, sólo se conseguirá aprovechando ciertas ramas especializadas, tales como las que ofrece la Geografía Cuantitativa.

Dentro del actual ambiente de la Geoinformática y los SIG, con avances científicos a través de la Geografía Global y en su uso social a través de la Neogeografía lo cuantitativo se ha potenciado de manera indiscutible. Parece razonable aceptar que la aparición de los computadores dio un primer impulso a la Geografía Cuantitativa, luego cuestionada de diversas maneras hasta provocar cierta pérdida en su dinámica de aceptación.

Pero en la actualidad se ha generalizado el empleo de la cartografía automatizada combinada con técnicas estadísticas, así como la posibilidad de incorporar imágenes externas (locales, aéreas, satelitales) a la información original, entre otras varias alternativas de la Geoinformática. Todo ese conjunto de herramientas, ahora disponibles dentro del ambiente de los SIG, parecen dar una legitimación plena a la cuantificación dirigida a la planeación del territorio en variados ámbitos de aplicación.

Bibliografía

Baxendale, C.A. (2000). Geografía y Planificación Urbana y Regional: Una reflexión sobre sus enfoques e interrelaciones en las últimas décadas del siglo XX. *Reflexiones Geográficas*. 9:58-70.

Berry, B.J.L. (1964). Approaches to Regional Analysis: A Synthesis. *Annals of the Association of American Geographers*. 54:2-11.

Berry, B.J.L.; Marble, D. (1968). (eds.) 1968. *Spatial Analysis: A reader in Statistical Geography*. Englewood Cliffs-Prentice Hall. New York.

Bunge, W. (1962). *Theoretical Geography. Lund Studies in Geography*. General and Mathematical Geography N° 1. The Royal University of Lund. C.W.K. Gleerup Publishers. Lund.

Bunge, W. (1966). *Appendix to Theoretical Geography*. Lund Studies in Geography. General and Mathematical Geography N° 6. The Royal University of Lund. C.W.K. Gleerup Publishers. Lund.

Bunge, W. (1969). *The first years of the Detroit Geographical Expeditions: a personal report*. Society for Human Explorations. Detroit.

Burgess, E.W. (1925). The growth of the city: an introduction to a research project. En: R.E.Park; E.W. Burgess (eds.) *The City*. The University of Chicago Press. Chicago.

Burton, I. (1963). The Quantitative Revolution and Theoretical Geography. *The Canadian Cartographer*. 7:151-162.

Buttimer, A. (1974). *Values in Geography*. Resource Paper N° 24. Commission on College Geography. Association of American Geographers. Washington.

Buttimer, A. (1983). Theory, ryoanji and the Place Pompidou. *Geographical Analysis*. 14:340-346.

Buzai, G.D. (1999). *Geografía Global*. Lugar Editorial. Buenos Aires.

Buzai, G.D. (2000). Paradigma geotecnológico, Geografía Global y Cibergeografía. La gran explosión de un universo digital en expansión. *GeoFocus*. 1-24-48.

Buzai, G.D. (2002). Cibergeografía, nuevos lugares, nuevas posiciones. *Estudios Geográficos*. LXIV(250):112-120.

Buzai, G.D. (2011). La construcción de mapas mentales mediante apoyo geoinformático. Desde las imágenes perceptivas hacia la modelización digital. *Revista Geográfica de Valparaiso*. 44:1-17.

Buzai, G.D. (2015). Evolución del pensamiento geográfico hacia la Geografía Global y la Neogeografía. *Capítulo en este volumen*.

Buzai, G.D.; Ruiz, E. (2012). Geotecnósfera. Tecnologías de la Información Geográfica en el contexto global del Sistema Mundo. *Anekumene*. 4:88-106.

Christaller, W. (1933). *Die Zentralen Orte in Süddeuschland*. Jena. (Trad. Inglés: Central Places in Southern Germany. Prentice Hall. New York. 1966).

Chorley, R. (ed.) (1973). *Directions in Geography*. Methuen. London. (Trad. Español: Nuevas tendencias en Geografía. IEAL. Madrid. 1975).

Cole, J.P.; King, C.A.M. (1968). *Quantitative Geography*. John Wiley & Sons. Glasgow.

Cromley, R.G. (1983). Automated Geography: Some Problems and Pitfalls. *The Professional Geographer*. 35(3):340-341.

Dobson, J.E. (1983a.) Automated Geography. *The Professional Geographer*. 35(2):135-143.

Dobson, J.E. (1983b.) Reply to Comments on "Automated Geography". *The Professional Geographer*. 45(4):431-439.

Dobson, J.E. (1993). The Geographic Revolution: A Retrospective on the Age of Automated Geography. *The Professional Geographer*. 45(4):431-439.

Dodge, M.; Kitchin, R. (2001). *Mapping Cyberspace*. Routledge. London.

García, F. (2010). La planeación del desarrollo regional en México (1900-2006). *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. ISSN 0188-4611, Núm. 71, 2010, pp. 102-121.

Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: The Theory of Múltiple Intelligences*. Basic Books. New York.

Garrison, W.; Marble, D. (1967). (eds.) 1967. *Quantitative Geography*. Northwestern Studies in Geography. Evanston.

Goodchild, M. (1992). Geographic Information Science. *International Journal of Geographic Information Systems*. 6(1):31-45.

Goodchild, M. (1993). Ten Years Ahead: Dobson's Automated Geography in 1993. *The Professional Geographer*. 45(4):444-446.

Gould, P. (1972). On mental maps. In: P.English&R.Mayfield (eds.) *Man, Space and Environment*. Oxford University Press. New York. pp. 260-282.

Gould, P. (1975). *People in Information Space: The Mental Maps and Information Surfaces of Sweden*. Human Geography N° 42. Lund Studies in Geography. The Royal University of Lund. Lund.

Haggett, P. (1965). *Locational Analysis in Human Geography*. Edward Arnold. London.

Harris, Ch.; Ullman, E. (1945). The nature of cities. *Annals of the American Academy of Political and Social Sciences*. 242:7-17.

Hartshorne, R. (1939). The Nature of Geography: A critical survey of current thought in the light of the past. *Annals of the Association of American Geographers*. 29:173-658.

Hartshorne, R. (1959). *Perspectives on the Nature of Geography*. Rand McMillan. Chicago.

Harvey, D. (1969). *Explanation in Geography*. Edward Arnold. London. (Trad. Español: Teorías, leyes y modelos en Geografía. Alianza. Madrid. 1983).

Harvey, D. (1973). *Social Justice and the City*. Edward Arnold. London.

Hartshorne, R. (1959). *Perspectives on the Nature of Geography*. Rand McMillan. Chicago.

Hettner, A. (1927). *Die Geographie, ihre Geschichte, ihr Wesen, ihre Methode*. Ferdinand Hirt. Breslau.

Hoyt, H. (1939). *The structure and growth of residential neighborhoods in American cities*. Federal Housing Administration. Washington.

Johnston, R.J. (1987). *Geography and Geographers. Anglo-American Human Geography since 1945*. Edward Arnold. London. (3rd Edition).

Kazdin, A. (1996). *Modificación de la conducta y sus aplicaciones prácticas*. Editorial El Manual Moderno. México 1996. ISBN 968-426-709-6.

Kellerman, A. (1983). Automated Geography: What Are the Real Challenges? *The Professional Geographer*. 35(3):342-343.

Kosik, K. (1967). *Dialéctica de lo concreto*. Grijalbo. México.

Kotler, P.; Roberto, E.; Roberto, N. (1989). *Social marketing: strategies for changing public behavior*. Free Press, 1989. The University of Michigan. U.S.A. 401 p.

Krugman, P. (1992). *Geografía y comercio*. Antoni Bosch, editor. ISBN: 84-85855-64-7. España 1992. 152 p.

Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. The Chicago University Press. Chicago. (2da. Edición: 1970).

Lacoste, I. (1977). *La Geografía. Un arma para la guerra*. Anagrama. Barcelona.

Lösch, A. (1939). *Die räumliche Ordnung der Wirtschaft*. Jena. (Trad. Inglés: *The Economics of Location*. Yale University Press. New Haven. 1954).

Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. MIT Press. Cambridge.

Manley, G. (1966). A New Geography. *The Guardian*. March 17th.

Marble, D.; Peuquet, D. (1983). The Computer and Geography: Some Methodological Comments. *The Professional Geographer*. 35(3):343-344.

Moellering, H.; Stetzer, F. (1983). A Comment on Automated Geography. *The Professional Geographer*. 35(3):345-346.

Monmonier, M. (1983). Comments on "Automated Geography". *The Professional Geographer*. 35(3):346-347.

Morrison, J.L. (1983). Automated Geography: Challenges to Academic Geography. *The Professional Geographer*. 35(3):348.

Myrdal, G. (1979). *Teoría económica y regiones subdesarrolladas*. Fondo de Cultura Económica. México 1979. 188 p.

Peet, R. (1975). Inequality and poverty: a marxist geography theory. *Annals of the Association of American Geographers*. 65(4):564-571.

Peet, R. (1977). The development of radical geography in the United States. *Progress in Human Geography*. 1(2):240-263.

Pickles, J. (1993). Discourse on Method and the History of Discipline: Reflections on Dobson's 1983 Automated Geography. *The Professional Geographer*. 45(4):451-455.

Pickles, J. (ed.) (1995). *Ground Truth. The social implicancies of Geographic Information Systems*. The Gilford Press. New York.

Poiker, T.K. (1983). The Shining Armor of the White Knight. *The Professional Geographer*. 35(3):348-349.

Ratzel, F. (1882). *Anthropogeographie*. Vol.I: Grundzüge der Anwendung der Geographie auf die Geschichte. Engelhorn. Stuttgart.

Relph, (1970). An inquiry into the relations between phenomenology and geography. *Annals of the Association of American Geographers*. 14(3):193-201.

Rey Balmaceda, R. (1973). *Geografía Regional. Teoría y aplicación*. Estrada. Buenos Aires.

Ruiz, E. (2010). Consideraciones acerca de la explosión geográfica: Geografía colaborativa e información geográfica voluntaria acreditada. *GeoFocus*. 10:280-298.

Sauer, C. (1925). *The morphology of landscape*. Publications in Geography N° 2. University of California. Berkeley. pp. 19-53.

Schaefer, F. (1953). Exceptionalism in Geography: A Methodological Examination. *Annals of the Association of American Geographers*. XLIII: 226-245.

Sheppard, E. (1993). Automated Geography: What Kind of Geography for What Kind of Society. *The Professional Geographer*. 45(4):357-460.

Soja, E. (1989). *Postmodern Geographies: the reassertion of space in critical social theory*. Verso. London.

Skinner, B.F. (1953). *Science and human behavior*. The Macmillan Company. Library of Congress Catalog Card Number: 53-7045. U.S.A. 1953.

Sorre, M. (1943-1952). *Les fondements de la géographie humaine*. Colin. París. 4 vols.

Souza, M. (1997). Algumas notas sobre a importância do espaço para o desenvolvimento social. *Revista Território*. Año II, No. 3, Jul/diz. 13-35. Brasil.

Stewart, J.Q.; Warntz, W. (1958). Macrogeography and social science. *Geographical Review*. 48:167-184.

Strauss, (1961). *Images of the American City*. The Free Press. New York.

Toudert, D.; Buzai, G.D. (2004). *Cibergeografía*. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali.

Turner, A.J. (2006). *Introduction to Neogeography*. O'Reilly Media. Sebastopol.

Tuan, J.F. (1973). Ambiguity in attitudes toward environment. *Annals of the Association of American Geographers*. 63:411-423

Tuan, J.F. (1974). *Topophilia: a study of environmental perception, attitudes, and values*. Prentice Hall- EnglewoodCliffs. New Jersey. (Trad. portugués: Difel, 1980).

Vidal de la Blache, P. (1913). Des caracteres distinctifs de la Géographie. *Anales de Géographie*. 22(124):289-299.

Von Thünen, H. (1826). *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationaleconomie*. Rostok. (Trad. Inglés: *The Isolated State*. Pergamon Press. Oxford. 1966).

Weber, A. (1909). *Über den Standort der Industrien*. Tübingen. (Trad. Inglés: *Theory of the location of industries*. Chicago. 1929).

PARTE B

ANÁLISIS ESPACIAL Y GEOTECNOLOGÍAS: CONCEPTOS, MÉTODOS & TÉCNICAS

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL ANÁLISIS ESPACIAL QUE SUSTENTAN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA BASADA EN GEOTECNOLOGÍAS

Gustavo D. Buzai

Introducción

La evolución del pensamiento geográfico durante el Siglo XX, presentada en Buzai (2015), brindó como resultado tres definiciones principales de Geografía producto de las perspectivas ecológica, corológica y sistémica. Desde la perspectiva ecológica puede ser considerada como el estudio de la relación del hombre con el medio, desde la perspectiva corológica como el estudio de la diferenciación areal y desde la perspectiva sistemática como el estudio de las leyes que rigen las pautas de distribución espacial. Las actuales tendencias en investigación aplicada, destruyendo diferentes aspectos dicotómicos, hace confluir las tres definiciones con el objetivo de realizar estudios de mayor alcance.

Para lograrlo el concepto que les brinda soporte es el de *espacio geográfico*, ya que todos los aspectos relacionales, de diferenciación y de generalización proporcionarán diferentes manifestaciones sobre entidades y relaciones vinculadas a la superficie terrestre. La Geografía, como ciencia empírica, toma de allí las temáticas a ser analizadas y regresa ante la posibilidad de aplicación de sus conocimientos.

Poner al espacio geográfico en el centro de los estudios geográficos, lo cual no puede hacerse simplemente desde un punto de vista discursivo, sino que resulta necesario que los conocimientos generados permitan actuar de forma concreta sobre la realidad.

El abordaje geográfico es principalmente espacial. Esta es una consideración que tiene una clara línea de desarrollo a través de la Geografía como ciencia humana, la Geografía Racionalista, la Geografía Cuantitativa, la Geografía Automatizada apoyada por los SIG, la Geografía Global que lo difunde como visión científica y la Neogeografía que lo lleva a la sociedad a través de las tecnologías digitales de uso masivo (Buzai, 2015, cuadro 2).

Particularmente en las prácticas de investigación científica es donde se recurre al denominado *Análisis Espacial*, el cual se transforma en sustento de todo el proceso, desde la formulación del problema hasta su resolución y transferencia (Buzai y Baxendale, 2011).

Cuando se lo enfoca desde un punto de vista temático, el Análisis Espacial constituye una serie de técnicas matemáticas y estadísticas aplicadas a los datos distribuidos sobre el espacio geográfico. Cuando se lo enfoca desde la tecnología SIG se lo considera su núcleo (sinónimo de su subsistema de tratamiento) ya que es el que posibilita trabajar con las relaciones espaciales de las entidades contenidas en cada capa temática de la base de datos geográfica.

Según los diferentes momentos de evolución científica, y particularmente en el ámbito de la Geografía Cuantitativa, el Análisis Espacial ha contado con dos marcadas líneas de definición. Por una lado está la que considera a todo tipo de procesamiento de datos espaciales (O'Sullivan y Unwin, 2003) y por el otro las que consideran únicamente los aspectos geométricos de las entidades espaciales considerando que el espacio geográfico siempre interviene en el resultado (Berry, 1996). Como el análisis espacial se realiza a través de la teoría, nuestro modo de ver se sitúa en la definición más amplia, reconociendo que la segunda tiene mayor especificidad resultando sumamente restrictiva.

Teniendo en cuenta lo que el geógrafo francés Emmanuel de Martone [1873-1955], en su intento de delimitar el campo de la disciplina, denominó Principios Geográficos (localización, conexión, extensión, complejidad, dinamismo, conexión y globalidad territorial), los cuales fueron claramente presentados y analizados por Vilá Valentí (1983), podemos ver que existe una clara correspondencia entre ellos y los cinco conceptos fundamentales del Análisis Espacial: *Localización, Distribución Espacial, Asociación Espacial, Interacción Espacial y Evolución Espacial*, a partir de lo cual se puede realizar una síntesis combinando componentes que lleven a determinar la estructura espacial del área de estudio.

A partir del trabajo de Nyerges (1991) y analizando el posterior desarrollo de Nyerges y Golledge (1997) podemos verificar que estos conceptos se han transformado en sintetizadores de los principios geográficos que se hacen operativos a partir del Análisis Espacial, actualmente aplicados a través de los SIG. El presente capítulo tiene por objetivo desarrollar sus contenidos y alcances para la investigación geográfica aplicada.

Localización

El concepto considera que todas las entidades (con sus atributos asociados) tienen una ubicación específica en el espacio geográfico.

Esta ubicación puede ser vista de dos maneras complementarias. 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.

El sitio se encuentra referenciado a un sistema de coordenadas geográficas (latitud-longitud) que no cambia con el tiempo y a partir del cual se le asignarán valores cuantitativos precisos de su ubicación. Por ejemplo, según datos oficiales de la Argentina (IGM, 2001), la ciudad de Buenos Aires se localiza exactamente en los 34°36' de latitud sur y los 58°23' de longitud oeste y la ciudad de Mar del Plata en los 38°00' de latitud sur y los 57°33' de longitud oeste.

La posición queda referenciada a partir del uso de diferentes formas de medición (tiempos, costos, energía) con resultados que son cambiantes con el tiempo. De esta manera, entidades que se encuentran localizadas en el mismo sitio pueden cambiar de posición. Por ejemplo, Buenos Aires y Mar del Plata siempre estuvieron en el mismo sitio, es decir, siempre estuvieron en las mismas coordenadas geográficas a 405 kilómetros de distancia, pero si consideramos la evolución tecnológica del transporte podemos concluir que estas ciudades se fueron acercando: podemos considerar el uso de automóviles antiguos de finales de la década de 1940 en la vieja ruta 2 de un carril en cada sentido (distancia aproximada = 8 horas), hasta el uso de automóviles actuales en la actual autovía 2 (distancia aproximada = 4 horas). Esto podría interpretarse como una reducción de la distancia entre las dos ciudades en aproximadamente un 50%.

Estas situaciones son las que normalmente llevan a considerar un achicamiento del mundo. En este sentido, de manera teórica, el planeta Tierra podría rodearse por el Ecuador (40.075 kilómetros) en diferentes tiempos (Buzai y Baxendale, 1997): hombre a pie (1 año, 1 mes y 24 días), carreta a caballos (5 meses y 13 días), barco a vapor (29 días y 7 horas), automóvil (23 días y 20 horas), tren (16 días y 17 horas), avión pequeño (3 días), avión de pasajeros (1 día y 16 horas), nave espacial tripulada (10 horas) y nave interestelar sin tripulación (1 hora). Actualmente una medición por Internet debería medirse en milésimas de segundo (ms) (Buzai, 2014a).

Todo esto nos indica que desde un punto de vista tecnológico, mientras los sitios siempre se encuentran en la misma ubicación y las distancias físicas entre ellos son las mismas, las posiciones en el espacio relativo varían y se acercan constantemente a partir del avance tecnológico en materia de circulación (transporte, comunicaciones), es decir, que el mundo se hace más pequeño y esto puede generar nuevas configuraciones en la distribución espacial de las entidades geográficas.

Algunos estudios aplicados basados en el concepto de localización (sitio y posición): accesibilidad espacial regional (Buzai, Baxendale y Mierez, 2003).

Distribución espacial

El concepto considera que el conjunto de entidades de un mismo tipo se reparten de una forma determinada en el espacio geográfico. Pueden ser puntos, líneas o polígonos (áreas) con diferentes atributos asociados que quedarán distribuidos junto a las entidades que los contienen y pueden ser estudiados en la base del análisis espacial.

Las distintas características medidas en entidades de naturaleza espacial difícilmente se distribuyan de manera homogénea, por lo tanto, es común que las distribuciones presenten diferencias de un sector a otro.

Una mancha de distribución espacial puntual puede tener una estructura concentrada, aleatoria (sin un patrón definido) o regular (distribución uniforme, también considerada dispersa), aspectos que pueden ser medidos a través de un análisis de vecindad. La realización de mapas temáticos con base areal (coropléticos) mostrará diferentes intensidades mediante la determinación de intervalos de clase y colores graduados en variables de tipo ordenada. Tomando una terminología estadística podemos decir que sería la *frecuencia* con que diferentes temas se reparten en el área de estudio.

Desde el punto de vista de la geometría espacial pueden incluirse aquí los estudios correspondientes a las formas de las entidades areales, tema que ha sido considerado central en el trabajo clásico de Bunge (1962), en cuyo capítulo 3 titulado *A Measure of Shape* (pp. 73-88) brinda algunos fundamentos iniciales para su cuantificación. Además, es de destacarse, que considera a la forma como una importante propiedad que vincula fuertemente las manifestaciones empíricas con gran parte de la teoría geográfica.

Los estudios de la forma espacial pueden centrarse en el análisis de las unidades político-administrativas que dividen el territorio en un mosaico de perfecta contigüidad. El problema práctico a ser resuelto sería poder repartir las superficies con la mayor eficacia posible respecto de los diferentes centros existentes. Según Haggett (1977) esta eficacia estaría dada por la minimización de los movimientos desde el centro de cada área hasta sus sectores periféricos y la minimización en el tamaño de los límites. Ambas cuestiones resultan fundamentales para una gestión espacial basada en la racionalidad.

Considerando la búsqueda de eficacia en ambos componentes mencionados se ha establecido que los polígonos regulares brindan mejores resultados que los polígonos irregulares, que el círculo es el polígono regular de mayores condiciones deseables y que los hexágonos son los polígonos regulares que conservan las propiedades más cercanas a las del círculo. Recordemos que Christaller (1933), al formular la *Teoría de los Lugares Centrales*, resolvió con hexágonos la definición de áreas de influencia ideales entre centros dispuestos regularmente en espacio regional.

Un índice de forma (S) presentado por Haggett (1977) es sumamente ilustrativo para verificar el grado de semejanza entre la forma analizada y el círculo (figura de mayor eficiencia = 1). En el caso de las divisiones político-administrativas de Brasil encuentra valores de $S=0,06$ para municipios muy alargadas o de $S=0,93$ para municipios compactos. Las tres figuras regulares presentan los siguientes valores: triángulos (0,42), cuadrados (0,64) y hexágonos (0,83). Asimismo se han propuestos numerosos índices para medir las formas de las unidades espaciales.

En cuanto al análisis geométrico, también se han incorporado novedosos avances que intentan modelar las formas con mayor capacidad de acercamiento al mundo real. En este caso, apartándose de las formas fijas basadas en la geometría euclidea que generalmente se evidencia ante la actividad humana planificadora y brindando mayor poder de acercamiento a las estructuras espaciales siguiendo el concepto de área natural (ver los avances de la *Escuela de Chicago* en Buzai, 2014b).

Otra posibilidad de análisis de las distribuciones espaciales puede ser realizada a través de la geometría fractal que tiene por objetivo cuantificar las formas de los objetos reales teniendo en cuenta sus irregularidades y fragmentación. A diferencia de la geometría euclidiana en la cual los cálculos presentan dimensiones enteras (1D, 2D y 3D), la aproximación fractal, por su parte, mide la dimensión física efectiva denominada *Dimensión Fractal* (D) la cual puede adquirir valores fraccionarios. Estas dimensiones junto a la autosimilitud, es decir, al mantenimiento de las formas ante los cambios de escala, se convierten en las propiedades fundamentales que son utilizadas en la modelización de las entidades geográficas.

Pueden verse distribuciones espaciales en elementos puntuales repartidos en un área de estudio (la distribución espacial de las salas de atención primaria de salud en una ciudad de tamaño intermedio puede dar idea de las áreas urbanas en las que existe deficiencia del servicio), en elementos lineales (la distribución espacial de las vías de comunicación brinda orientación para la detección de las áreas de máxima conectividad), en un mapa de clasificación usos del suelo (definir las áreas de clasificación residencial permite tener una aproximación para la determinación de localizaciones de usos no compatibles), simplemente en un mapa temático de cualquier variable espacializada (la distribución espacial de las Necesidades Básicas Insatisfechas permite tener una aproximación al mapa social del área de estudio), en cálculos de densidad (la distribución espacial de la densidad de población permite ver disparidades en cuanto a la presión que tendrá la dotación de servicios) o en los análisis geométricos como el estudio de formas de las cuales la irregularidad y la fragmentación pueden ser vistas desde un punto de vista fractal.

El concepto de distribución, como se ha visto, es un concepto central del análisis geográfico, inclusive hasta llegar a ser considerado el foco de atención de la Geografía, y resulta principalmente útil cuando el objetivo es comenzar una investigación a partir de tener una primera aproximación a través de las diferenciaciones de espacios dentro del área de estudio.

Algunos estudios aplicados basados en aspectos de la distribución espacial: Formas de las unidades político-administrativas de la Argentina (Sánchez, 1991), poligonización de Voronoi (Principi, 2013), dimensión fractal de Buenos Aires (Buzai, Lemarchand y Schuschny, 1998) y eficiencia de servicios públicos de distribución puntual (Moreno Jiménez y Buzai, 2008).

Asociación espacial

El concepto considera el estudio de las coincidencias encontradas al comparar diferentes distribuciones espaciales.

La forma de comparación más clara y directa es el análisis visual que se puede realizar con posterioridad a la superposición cartográfica de ambas distribuciones. A través de este procedimiento, una distribución espacial A se puede superponer a una B y de esa manera verificar su grado de asociación en base a una proporción de correspondencia. Cuanto mayor sea la superficie de superposición mayor será la asociación existente entre ellas.

Desde un punto de vista geométrico, y considerando la superficie de intersección (teoría de conjuntos) entre las dos distribuciones se puede calcular el Índice de Correspondencia Espacial (ICE) dividiendo el valor de la superficie de intersección por el valor de la superficie de la distribución espacial de menor extensión. El ICE arrojará un valor cero (0) cuando no haya contacto y uno (1) cuando la correspondencia espacial de la distribución menor respecto de la mayor sea completa.

Desde un punto de vista racionalista el método de superposición cartográfica es clave de la Geografía como ciencia (Rey Balmaceda, 1973) al permitir una construcción regional por divisiones lógicas. Un cierto número de distribuciones espaciales de diferentes temas cada uno con sus propias categorías se superponen para formar una gran fragmentación de áreas homogéneas (consideradas regiones geográficas) con diferentes combinaciones.

El procedimiento de superposición genera una ampliación del detalle espacial a medida que se van incorporando mayor cantidad de temas, es decir, a medida que se superponen mayor cantidad de mapas. El incremento en la cantidad de mapas brindará como resultado mayor cantidad de áreas con crecientes niveles de homogeneidad interna.

Los primeros desarrollos de SIG reconocen al análisis por superposición temática como procedimiento básico a ser realizado con las capas temáticas digitales de la base de datos. Desde el punto de vista de la historia oficial de la tecnología SIG, se considera el trabajo realizado por McHarg (1967) como aquel que brindó las bases metodológicas de la tarea, aunque desde un punto de vista geográfico la construcción regional mediante el uso de documentos cartográficos superpuestos había sido considerado central mucho tiempo antes por Sorre (1947-1948).

Cuando en cada mapa se separan exclusivamente las áreas que presentan aptitud para una finalidad determinada y luego se realiza la correspondiente superposición, se está incursionando en uno de los procedimientos básicos (denominado método booleano) de las llamadas técnicas de evaluación multicriterio. Estas técnicas explicadas en detalle en Buzai y Baxendale (2011) han demostrado excelente aptitud en la búsqueda de sitios candidatos para encarar determinar una potencial localización.

Actuales procedimientos centrados en la visualización de la estructura espacial de los datos permite verificar la asociación entre dos variables a partir del *Análisis Exploratorio de Datos Espaciales* (ESDA, Exploratory Spatial Data Analysis). Puede verificarse a partir de la realización del gráfico de dispersión para dos variables que se incorporan en cada uno de los ejes ortogonales x-y. Estos procedimientos avanzan decididamente hacia el análisis cuantitativo, ya que en este caso específico se puede verificar la forma gráfica como paso previo al resultado de correlación numérica que representa.

Desde un punto de vista cuantitativo son utilizados dos clásicos coeficientes para medir asociaciones espaciales. El coeficiente r de Pearson permite cuantificar el comportamiento conjunto entre dos series de datos (variación conjunta y grado de semejanza entre dos temas) medidas en las unidades espaciales del área de estudio y el coeficiente I de Moran mide la autocorrelación espacial, es decir, la asociación de una variable consigo misma entre una unidad espacial consideradas central y sus unidades espaciales vecinas, realizando el cálculo posicionándose en cada una de las unidades espaciales del área de estudio.

Cuando se calculan todas las asociaciones entre las unidades espaciales del área de estudio y se obtienen valores cuantitativos de estas relaciones, se confecciona una matriz de correlaciones que sirve como base para encarar trabajos de regionalización, ya que cuando las unidades espaciales se encuentran altamente correlacionadas pueden pertenecer a una misma clase y ésta, a nivel espacial, corresponde a la definición de un área con límites específicos (con o sin contigüidad espacial).

Los procedimientos que hemos utilizado en diversas aplicaciones fueron el *Linkage Analysis* (Análisis de encadenamiento), *Cluster Analysis* (Análisis de cúmulos) y *Análisis Factorial*. Todos ellos han demostrado excelentes aptitudes para ser aplicados en diversas escalas.

Poder encontrar diferentes áreas con homogeneidades propias permite al geógrafo hacer uso de una de sus mayores capacidades: poner límites en el espacio geográfico. Ese trazado de límites sobre un mapa, como resultado de la combinación de las distribuciones y asociaciones espaciales se transforma en una herramienta importante de planificación.

Algunos estudios aplicados basados en aspectos de la distribución espacial: Regionalización urbana (Buzai, 2014b) y regional (Humacata, 2014) y búsqueda de sitios locacionales para la atención sanitaria (Buzai, 2012).

Interacción espacial

El concepto considera 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. De acuerdo a lo presentado en

la introducción, corresponde a la conceptualización de los componentes básicos que se consideran en el análisis sistémico.

El estudio de la interacción espacial siempre tuvo importancia en la investigación geográfica, pero al mismo tiempo también lo fue en la formulación de un campo interdisciplinario de las ciencias sociales como lo es la *Ciencia Regional*, la cual según Isard (1960) pone su foco de atención en espacios y sistemas espaciales, en regiones y sistemas regionales y en localizaciones y sistemas locacionales, en los cuales es central el concepto multidimensional de distancia (física, económica, social y política). Una interesante y útil reseña sobre la historia y actualidad de la *Ciencia Regional* corresponde a la publicación de Benko (1998).

En su relación con el análisis geográfico, estos estudios tienen origen en el abordaje de las configuraciones espaciales de fenómenos humanos en la denominada *Macrogeografía* surgida como avance de la Física Social (Warntz, 1975). Corresponde a la definición de una perspectiva generalizada (escala cartográfica chica que abarca grandes extensiones) que permite obtener un panorama espacio-temporal de la integración socioespacial para luego abordar estudios de detalle.

Los estudios que abordan el análisis de la interacción espacial apuntan a medir los diferentes tipos de vínculos horizontales entre las entidades geográficas localizadas.

Deben ser destacados inicialmente los trabajos de Zipf (1946, 1949) en los cuales se presenta la hipótesis de relación $P_1 P_2 / D$ cuyos parámetros permiten subsiguientes estudios que consideran la disminución de interacciones con el aumento de la distancia o *Distance Decay* en el marco del principio del menor esfuerzo, una minimización del movimiento humano al ser considerado un esfuerzo (gasto de energía) para la superación de la fricción espacial. Stewart (1956) tomando este concepto adapta las fórmulas de la física newtoniana al análisis de la medición cuantitativa de la interacción entre poblaciones.

Los conceptos de conexión y accesibilidad adquieren gran relevancia al intentar realizar mediciones que llevan a la descripción más completa de la estructura espacial que corresponde a la posición y conexión física por flujos de diferente contenido entre las entidades distribuidas en el espacio geográfico.

La estructura topológica de los circuitos de la red se puede analizar a partir de aplicar procedimientos enmarcados en la teoría de grafos. Las mediciones corresponden básicamente a las conexiones entre sitios a partir de una perspectiva geométrica. Se realizan cálculos que, por un lado, permiten describir la conexión global de la red y, por otro, su accesibilidad topológica. Entre las primeras se encuentran los índices alfa (α), beta (β), gamma (γ) y un índice global de conectividad que surge de la matriz de conectividad, y entre las segundas variados cálculos de accesibilidad que permiten definir superficies continuas. Entre los aportes geográficos que describen y analizan claramente estos índices podemos mencionar a Bosque Sendra (1992) y Sánchez (1998) quienes retoman el inicial trabajo de Haggett (1967).

Cuando se avanza desde el modelo ideal que proporciona la estructura geométrica de grafos hacia la realidad empírica, se pueden realizar diferentes tipos de cálculos en la red de circulación. Inclusive incorporar el modelo de Potencial de Población, en el cual intervienen las interacciones posibles entre entidades localizadas.

Los cálculos sobre la red permiten definir la conexión entre sitios. Si consideramos la distancia entre dos localizaciones A y B, la división entre el valor de distancia real (calculada sobre los caminos necesarios para llegar de un punto a otro) y el valor de distancia ideal (considerando la línea recta) brinda el resultado del índice de trayectoria (IT), el cual indicaría el porcentaje extra que se debe recorrer en el espacio geográfico.

Los cálculos de accesibilidad ideal (AI), accesibilidad real (AR), índice de calidad en la comunicación (ICC) e índice de trayectoria (IT) presentan buenas bases para la planificación y se amplían en el análisis socioespacial con el cálculo del Potencial de Población (PP) desarrollados en el interior de la Macrogeografía.

Los avances en cuanto al estudio de la interacción espacial proporcionaron las bases para el surgimiento de una geografía de los servicios (en algunas oportunidades se orientan también hacia el estudio de la localización de los establecimientos comerciales y el *Geomarketing*) en la búsqueda de regularidades empíricas que permitan la aplicación de procedimientos y toma de decisiones en planificación urbana y regional con bases de racionalidad científica (Berry, 1971). Aquí merecen ser destacadas las fórmulas de Reilly-Huff para la determinación del lugar en el que debería ser trazado el límite de las áreas de influencia de dos centros, lo que podría ser considerado un ajuste analítico al límite medio proporcionado por las bases geométricas del trazado de polígonos de Voronoi/Thiessen con lo cual se obtienen las áreas de influencia perfectas entre dos centros (localidades) de igual importancia.

Por último, es necesario destacar la utilidad de los modelos de localización-asignación para actuar sobre el mejoramiento de parámetros vinculados a la medición de la justicia espacial. Con posterioridad al uso de las técnicas de evaluación multicriterio que permiten obtener sitios candidatos para recibir nuevas localizaciones, los modelos de localización-asignación se aplican para definir cuál de estos sitios brindaría la localización óptima.

Como se ha visto en este punto, el análisis de interacción espacial constituye una temática de importante tradición dentro del análisis espacial cuantitativo y su continuo avance se ha producido por más de medio siglo. Los fundamentos básicos y centrales en esta tradición de estudio se desarrollaron durante la quinta y sexta década del siglo veinte y llega a la actualidad con importantes posibilidades a través de la aplicación modelística computacional relacionada a los SIG. La consolidación de esta línea se produce a partir de metodologías propicias para el análisis sistémico en Geografía.

Algunos estudios aplicados basados en aspectos de la distribución espacial: Comparación de redes nacionales y provinciales (Calvo Palacios, Jover Yuste y Pueyo Campos, 1992), potencial de población a nivel provincial (Aneas, 1994), modelos de localización-asignación en escuelas (Buzai y Baxendale, 2008) y en salud (Buzai, 2011).

Evolución espacial

El concepto considera la incorporación de la dimensión temporal a través de considerar estados de configuración espacial que cambian por otros.

Los estudios geográficos son básicamente abordajes del presente (recordemos que la Geografía generalmente se presentan como una ciencia del presente), sin embargo, es reconocida la importancia de la dimensión temporal en determinados abordajes geográficos (Cliff y Ord, 1981), siendo que, en principio, ir hacia el pasado nos muestra el origen de las manifestaciones empíricas del presente. Centrarse en el *dónde* corresponde a una visión basada en la localización y en el *cuándo* en una visión basada en el tiempo. El *cómo*, desde un punto de vista espacial, presentaría el camino evolutivo espacio-temporal.

Con la finalidad de abordar las configuraciones espaciales actuales, desde una postura racionalista se considera que el tiempo en Geografía se presenta principalmente de dos maneras (Hartshorne, 1959); como el tiempo que se incluye en el presente y el que transcurre en el pasado, que incluye los períodos pasados que permiten analizar los procesos que producen la situación actual. También cabe ser destacado que cada situación del pasado puede ser analizada como diferentes geografías del presente y, en este sentido, la comparación entre estas diferentes configuraciones permiten acceder a la evolución que llevó a la situación actual.

Estas consideraciones teóricas se encuentran desarrolladas técnicamente en el trabajo de Monominier (1990) a través del trabajo cartográfico denominado *chess-map* (sucesivos mapas como diferentes configuraciones de un tablero de ajedrez), superposición de capas temáticas de diferentes años en un SIG. El intervalo (resolución temporal) entre las diferentes geografías del presente depende de la velocidad de cambio de la temática analizada, aunque muchas veces queda supeditado a la disponibilidad de datos.

Esta resolución técnica correspondería a un análisis temporal por procedimientos cualitativos de superposición cartográfica de clases. La búsqueda de resultados a través del SIG estaría dada por procedimientos matemáticos simples en las localizaciones de un sistema *raster* o por la adición-eliminación de entidades en un sistema vectorial (Peuquet, 1994).

Desde el punto del vista del análisis espacial cuantitativo, el estudio de la evolución temporal de configuraciones espaciales, puede ser considerado un eje de cuarta dimensión en la matriz de datos tradicional formada por filas (unidades espaciales) x

columnas (variables) o en la matriz de datos geográfica formada por filas (variables) x columnas (Unidades espaciales), línea desarrollada a partir del aporte fundamental de Berry (1964). La primera perspectiva es la utilizada en las bases de datos alfanuméricas de un SIG vectorial.

Considerando la matriz de datos tradicional, los análisis temporales pueden encararse a través de la evolución histórica de los datos correspondientes a un tema (columna), de la variación conjunta de dos o más temas (columnas), de la combinación de temas en una unidad espacial (fila), de la variación conjunta de la combinación de temas de diferentes unidades espaciales (filas) o de una temática específica en una unidad espacial (celda), lo que sería el estudio de un hecho geográfico a través del tiempo. Tengamos en cuenta que en el caso de considerar una matriz de datos geográfica la posición de filas y columnas, mediante una transposición, pasan a estar intercambiadas y permiten aplicar procedimientos de análisis multivariado con fines de regionalización.

Cabe considerar también que la Geografía además de definirse básicamente como una ciencia del presente que acude al pasado para ver la génesis de las configuraciones espaciales actuales también puede considerarse una ciencia del futuro (ciencia prospectiva). La realización de investigaciones en la línea del análisis espacial cuantitativo, a partir de trabajos de modelización, permiten obtener resultados de simulación relativos a posibles situaciones futuras. Representan distribuciones espaciales hipotéticas que generan visiones instrumentales de utilidad para el ordenamiento y planificación territorial. La dimensión temporal comienza a tener un importante desarrollo en los SIG (Peuquet, 2002).

A partir de los procedimientos por superposición de capas temáticas, el análisis temporal fue ampliado a través de las técnicas de evaluación multicriterio desarrolladas originalmente para la búsqueda de sitios candidatos destinados a la ubicación de localizaciones en sitios óptimos. Estas metodologías también son utilizadas para la obtención de configuraciones futuras a partir de la modificación de valores de las variables como simulación de cambios a ser realizados, tal como aparece en el método LUCIS (*Land Use Conflict Identification Strategy*) propuesta por Carr y Swick (2007), una serie de procedimientos lógicos muy bien concatenados que lleva a la identificación de zonas de potencial conflicto (configuraciones futuras) entre usos del suelo en un nivel regional.

Cuando se intenta avanzar hacia una modelización dinámica de evolución temporal continua se deben destacar las aplicaciones de autómatas celulares.

Las distribuciones espaciales pueden ser consideradas manchas con cierto grado de irregularidad y fragmentación que cambian con el tiempo. Basado en esta apreciación se han privilegiado los estudios y aplicaciones a la forma urbana (ciudad definida desde un punto de vista de la mancha urbana o *aglomeración*), siendo clásico el libro de Batty y Longley (1994). Luego de analizar con gran detalle la teoría fractal, las dimensiones físicas efectivas en varias ciudades aplican la modelización de difusión

por agregación limitada (DLA, *Diffusion-Limited Aggregation*) con el cual llegan a estructuras espaciales futuras.

La base es el uso de autómatas celulares en una grilla *raster* que representa el área de estudio (NxM celdas) y la determinación de la secuencia de estados que puede asumir cada celda (vacío-ocupado) dentro del conjunto de posibilidades que brindan los usos del suelo analizados junto a las reglas de transición definidas (Aguilera Ontiveros, 2002).

En esta línea de trabajo ha tenido un importante desarrollo el modelado multi-agente (ABM, *Agent-based models*) en el cual los agentes son móviles y cambian de localizaciones. Estos procedimientos se basan en la filosofía de la simulación temporal continua a partir de infinitas configuraciones instantáneas que se producen con la finalidad de obtener un continuo. A partir de los desarrollos en inteligencia artificial y en ciencias cognitivas ha sido posible crear modelos que incorporen supuestos subjetivos e intersubjetivos de comportamiento de sociedades artificiales. De acuerdo a Aguilera Ontiveros y López Paredes (2001) el modelado multiagente puede simular acciones de los individuos teniendo en cuenta sus conocimientos y sus valores.

Corresponde a acciones simples individuales que en conjunto muestran una inteligencia colectiva. Es un tipo de inteligencia que se verifica en diversas colonias de animales e insectos y corresponde a uno de los mayores interrogantes que se plantea a la investigación científica actual. Se denomina también inteligencia de enjambre, en la cual criaturas simples deciden en base a información local limitada y que en conjunto generan comportamientos de alta complejidad (Miller, 2007).

En síntesis, la investigación científica considera de gran importancia el tratamiento de la dinámica espacial a través de la dimensión temporal. Técnicamente hemos presentado una secuencia que se sucede a través de procedimientos aplicados de flexibilidad creciente; desde la cartografía superpuesta en capas temáticas de diferentes momentos históricos hasta la evolución en secuencia continua (cambio instantáneo de configuraciones espaciales) con posibilidades de obtener estructuras espaciales futuras como modelado dinámico espacial.

Algunos estudios aplicados basados en aspectos de la evolución espacial: Análisis de la evolución espacial urbana por superposición cartográfica (Buzai y Baxendale, 1998), Análisis de conflictos ante potenciales cambios en los usos del suelo (Buzai y Baxendale, 2007, 2008) y análisis fractal y de autómatas celulares (Buzai, Lemarchand y Schuschny, 1998; Buzai, 2007).

Consideraciones finales

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han permitido hacer operativos bajo un mismo ambiente de trabajo los cinco conceptos fundamentales del Análisis Espacial, los cuales tienen amplia correspondencia con los principios geográficos que se integran en el núcleo disciplinario de la Geografía. Por lo tanto, el Análisis Espacial

con SIG genera un criterio de demarcación de extrema claridad para la Geografía al considerarla desde un punto de vista teórico como una ciencia espacial y desde un punto de vista aplicado como ciencia de la organización del territorio.

A lo largo del capítulo hemos visto que las entidades geográficas se localizan en un sitio y adquieren una posición cambiante cuando se las aborda desde una perspectiva relacional, que la ampliación de entidades geográfica brindan una distribución que puede estar asociada a otras distribuciones y que también pueden tener una asociación horizontal que lleva a poder medir un espacio de flujos a través de interacciones. Todos estos aspectos evolucionan desde un punto de vista temporal y considerados en conjunto pueden brindar un panorama completo de *Síntesis* de la estructura espacial de un área de estudio.

Cuando se trabaja con SIG se aplican diversos métodos que se encuentran claramente orientados hacia alguno de estos conceptos o hacia las combinaciones que puedan establecerse entre ellos. Encuentran su marco en un foco de atención principalmente espacial. Siempre serán analizadas localizaciones, distribuciones espaciales, asociaciones espaciales, interacciones espaciales y/o evoluciones espaciales intentando definir la estructura territorial.

Es en este nivel que la Geografía y la aplicación de SIG muestra su mayor aptitud y utilidad. La realización de aplicaciones que ayuden a comprender la realidad y a actuar en ella para eliminar disparidades y lograr una mayor justicia espacial para todos.

Bibliografía

Aguilera Ontiveros, A. (2002). *Ciudades como tableros de ajedrez. Introducción al modelado de dinámicas urbanas con autómatas celulares*. El Colegio de San Luis. San Luis Potosí.

Aguilera Ontiveros, A.; López Paredes, A. (2001). *Modelado multiagent de sistemas socioeconómicos. Una introducción al uso de la inteligencia artificial en la investigación social*. El Colegio de San Luis. San Luis Potosí.

Aneas, S. (1994). Potencial de Población y Geografía. *Boletín de GAEA*. 112:25-27.

Batty, M.; Longley, P. (1994). *Fractal Cities*. Academic Press. London.

Benko, G. (1998). *La Ciencia Regional*. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.

Berry, B.J.L. (1964). Approaches to Regional Analysis: A Synthesis. *Annals of the Association of American Geographers*. Vol.54(1):2-11.

Berry, B.J.L. (1971). *Geografía de los centros de mercado y distribución al por menor*. Vicens-Vives. Barcelona.

Berry, J.K. (1996). The Unique Character of Spatial Analysis. *GIS World*. April:29-30.

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

Bunge, W. (1962). *Theoretical Geography*. Lund Studies in Geography. Ser. C. General and Mathematical Geography No. 1. Department of Geography. The Royal University of Lund. C.W.K. Gleerup Publishers. Lund.

Buzai, G.D. (2007). Actualización de cálculos y distribuciones espaciales a través de cadenas de Markov y autómatas celulares. Pérdida de suelos productivos en el área metropolitana de Buenos Aires -2001. En: Matteucci, S.D. (Ed.) *Panorama de la Ecología de Paisajes en Argentina y países sudamericanos*. INTA. Buenos Aires. pp. 433-450.

Buzai, G.D. (2011). Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: análisis espacial de Centros de Atención Primaria de Salud (CAPS) en la ciudad de Luján (Argentina). *Cuadernos de Geografía – Revista Colombiana de Geografía*. 20(2):111-123.

Buzai, G.D. (2012). Identificaco de sítios para localizacao de novos centros de atencao primária de saúde: aplicacao para a cidade de Luján, Argentina. *Hygeia*. 8(15):201-212.

Buzai, G.D. (2014a). Fronteras en el ciberespacio. El nuevo mapa mundial visto desde Buenos Aires (Argentina). *Cuadernos de Geografía – Revista Colombiana de Geografía*. 23(2):85-92.

Buzai, G.D. (2014b). *Mapas Sociales Urbanos*. Lugar Editorial. Buenos Aires.

Buzai, G.D. (2015). Evolución del pensamiento geográfico hacia la Geografía Global y la Neogeografía. *Capítulo en este volumen*.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (1997). La evolución del transporte. *AZ Diez*. 3(128):48-53.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (1998). Buenos Aires (1869-1991). La geometría urbana como representación de una historia económica y sociodemográfica. *Signos Universitarios*. 34:71-88.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2007). Áreas de potencial conflicto entre usos del suelo. Identificación mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (Primera parte: descripción metodológica). *Fronteras*. 6(6):45-49.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2008). Áreas de potencial conflicto entre usos del suelo. Identificación mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (Segunda parte: descripción metodológica). *Fronteras*. 7(7):33-39.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2008). Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: Análisis espacial de escuelas EGB en la ciudad de Luján. *Revista Universitaria de Geografía*. 17:233-254.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Perspectiva científica – temáticas de base raster*. Tomo 1. Lugar Editorial. Buenos Aires.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A.; Mierez, A. (2003). Accesibilidad e interacción espacial. *Gerencia Ambiental*. 10(95):360-369.

Buzai, G.D.; Lemarchand, G.A.; Schuschny, A. (1998). Aplicación de la geometría fractal para el estudio del medio ambiente. En: Matteucci, S.D.; Buzai, G.D. (Eds.) *Sistemas Ambientales Complejos: herramientas de análisis espacial*. EUDEBA. Buenos Aires. pp. 347-364.

Calvo Palacios, J.L.; Jover Yuste, J.M.; Pueyo Campos, A. (1992). Modelos de accesibilidad y su representación cartográfica: las redes española y valenciana. *Actas del V Coloquio de Geografía Cuantitativa*. Universidad de Zaragoza. pp. 59-74.

Cliff, A.; Ord, J. (1981). *Spatial Process: Models and Applications*. Pion. London.

Carr, M.H.; Zwick, P.D. (2007). *Smart Land-Use Analysis*. ESRI Press. Redlands.

Christaller, W. (1933). *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*. Jena. (Central Places in Southern Germany. Prentice Hall – Englewood Cliffs. New Jersey, 1966).

Haggett, P. (1967). Network Models in Geography. En: Chorley, R.; Haggett, P. (eds.) *Integrated Models in Geography*. Methuen. London. pp. 609-668.

Haggett, P. (1977). *El análisis locacional en la Geografía Humana*. Gustavo Gili. Barcelona.

Hartshorne, R. (1959). *Perspectives on the Nature of Geography*. Rand McMillan. Chicago.

Humacata, L. (2014). Clasificaciones socioespaciales con Sistemas de Información Geográfica. Análisis exploratorio y multivariado de la situación socio-habitacional de la Provincia de Buenos Aires. *Anuario de la División Geográfica 2012-2013*. Departamento de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Luján.

IGM, (1991). *Atlas Geográfico de la República Argentina*. Instituto Geográfico Militar. Buenos Aires.

Isard, W. (1960). The Scope and Nature of Regional Science. *Papers and Proceedings of the Regional Science Association*. 6:9-34.

McHargh, I. (1967). *Design with Nature*. John Wiley & Sons. New York.

Miller, P. (2007). Teoría de los enjambres. *National Geographic*. 21(1):40-61.

Monmonier, M. (1990). Strategies for the Visualization of Geographic Time-Series Data. *Cartographica*. 27:30-45.

Moreno Jiménez, A.; Buzai, G.D. (ed) (2008). *Análisis y planificación de servicios colectivos con Sistemas de Información Geográfica*. AECID. Madrid.

Nyerges, T.L (1991). Analytical Map Use. *Cartography and Geographic Information Systems*. 18(1):11-22.

Nyerges, T.L.; Golledge, R.G. (1997). *Asking Geographic Questions. NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Sciences*. National Center for Geographic Information and Analysis. University of California. Santa Barbara.

O'Sullivan, D.; Unwin, D. (2003). *Geographic Information Analysis*. John Wiley & Sons. New Jersey.

Peuquet, D.J. (1994). It's About Time: A conceptual Framework for the Representation of Temporal Dynamics in Geographic Information Systems. *Annals of the Association of American Geographers*. 84(3)441-461.

Peuquet, D.J. (1994). It's About Time: A conceptual Framework for the Representation of Temporal Dynamics in Geographic Information Systems. *Annals of the Association of American Geographers*. 84(3)441-461.

Peuquet, D.J. (2002). *Representations of Space and Time*. The Guilford Press. New York.

Principi, N. (2013). *Análisis de la estructura espacial regional. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) al Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (Argentina)*. EAE. Saarbucken.

Rey Balmaceda, R.C. (1973). *Geografía Regional: Teoría y Aplicación*. Estrada. Buenos Aires.

Sánchez, D. (1991). El problema de la forma y el tamaño de las unidades políticas subprovinciales en la Argentina. *Análisis Geográfico*. 3(6):41-55.

Sánchez, D. (1998). Teoría de grafos aplicada a redes naturales y antrópicas. En: Matteucci, S.D.; Buzai, G.D. (comp.) *Sistemas Ambientales Complejos: Herramientas de Análisis Espacial*. Eudeba. Buenos Aires. pp. 321-345.

Sorre, M. (1947-1948) *Les fondements de la géographie humaine*. A.Colin. París

Stewart, J. (1956). The development of social physics. *American Journal of Physics*. 18:239-253.

Vilá Valentí, J. (1983). *Introducción al estudio teórico de la Geografía*. Ariel. Barcelona.

Warntz, W. (1975). La nueva Geografía como teoría de sistemas espaciales: ¿cuenta mucho la vieja "Física Social"? En: Chorley, R.J. (ed.) *Nuevas Tendencias en Geografía*. IEAL. Madrid. pp. 137-187.

Zipf, G.K. (1946). The P_1P_2/D hypothesis: on the intercity movement of persons. *American Sociological Review*. 11:677-686.

Zipf, G.K. (1949). *Human behavior and the principle of last effort*. Hafner. New York.

EL TERRITORIO COMO UNIDAD DE ANÁLISIS EN ESTUDIOS SOCIALES

Manuel Fuenzalida Díaz

Introducción

En los últimos 30 años el concepto de territorio ha adquirido relevancia al interior de otras disciplinas de las ciencias sociales, distinta a la geografía, tal como la sociología, antropología, la economía, entre otras. El territorio en un contexto multidisciplinar es más que el soporte físico en donde se desarrolla una comunidad, es una construcción social. Cualquiera sea su relación con la naturaleza y la manera cómo la concibe y se la explique, el territorio es un sustrato fundamental para la vida humana (Gutián, D. 2007. pp 30).

De forma primigenia, el geógrafo alemán Friedrich Ratzel en 1871 define el territorio en el marco de la instrumentalización de la geografía en las universidades alemanas. El territorio, según el autor, es una parcela de la superficie terrestre apropiada por un grupo humano, que tendría una necesidad imperativa de un espacio con recursos naturales suficientes para su poblamiento, los cuales serían utilizados a partir de las capacidades tecnológicas existentes (Schneider, S. et al. 2006. pp 3).

Más adelante, en la década de 1970, el geógrafo francés Jean Gottmann vuelve a debatir sobre la importancia del concepto de territorio, pero con la incorporación de otros elementos que hasta el momento habían sido olvidados dentro de las relaciones "hombre-medio". Es de esta forma que Gottmann define territorio como una parte del espacio definida por límites (líneas), que posee un sistema de leyes y una unidad de gobierno, a partir de lo cual, la respectiva localización y características internas son descritas y explicadas, y por lo tanto, definidas como la división territorial del mundo dentro de la historia de la humanidad (op.cit).

Cabe destacar que, a fines de la década de 1980, el territorio se identifica con el espacio geográfico socialmente organizado, correspondiente a un espacio social, real y objetivo, franqueado por los valores culturales y los significados de la subjetividad; no tiene límites definidos, ya que se caracteriza por su dimensión simbólica; no se identifica con criterios territoriales administrativos (Santos, M. 1988 citado en Junges, José R. 2003. pp 4).

En la década de 1990, el territorio se asocia a una extensión terrestre delimitada que incluye una relación de poder o posesión por parte de un individuo o un grupo social.

Contiene límites de soberanía, propiedad, apropiación, disciplina, vigilancia, jurisdicción y transmite la idea de cerramiento (Geiger, 1996 citado en Montañez y Delgado, 1998. pp 124). Al estar relacionado con la idea de dominio o gestión dentro de un espacio determinado (público o privado), el territorio adquiere formas de Estado, barrios cerrados, áreas de influencias de servicios públicos o privados, estructura de propiedad de la tierra, zonas patrimoniales, etc.

Es en el territorio como unidad de análisis donde los estudios sociales encuentran su máxima expresión de observación conjunta, existiendo un contexto socioeconómico y político, en el cual se generan (causalmente) jerarquías entre ciertos grupos de población. De esta forma, se conciben conexiones o vínculos de cohesión social, los cuales van entramando el territorio, complejizando cada vez más la definición práctica del mismo a partir de las perspectivas desde donde se observen dichas dinámicas. Cabe destacar por ejemplo, que investigadores de diversos países han reportado que la zona de residencia se asocia, por ejemplo, a la salud más allá de los factores de riesgo a nivel individual (Diez-Roux, Link, y Northridge, 2000; Jones y Duncan, 1995; Kaplan, 1996; Kawachi y Berkman, 2003; Macintyre, Maclver, y Sooman, 1993; Pickett y Pearl, 2001 citado en Bernard et al. 2007. pp 1839). Esto envuelve la idea de la influencia que los determinantes sociales tienen sobre el contexto territorial, en donde cada acción individual, y también las acciones colectivas, repercuten de forma directa o indirecta en el estado bienestar/malestar de la población.

Lo expuesto anteriormente, radica en la propiedad intrínseca de las personas de relacionarse con el medio en donde habitan, ya que la teoría geográfica reconoce que el espacio y la sociedad son mutuamente constructivos, es decir, las identidades, las actitudes y comportamientos de las personas están determinadas por, y a su vez determinan, los lugares en que viven (Del Casino y Jones, 2007; Harvey, 1973; Mitchell, 2001; Sayer, 2000; Soja, 1980 citado en Davidson et. al, 2008. pp 168). El presente capítulo tiene por objetivo dilucidar como el territorio ayuda en la interpretación y comprensión de las relaciones sociales vinculadas con la dimensión espacial.

El territorio como herramienta de análisis de la información social

En materia de estudios sociales, el territorio adquiere una importancia trascendental, ya que constituye como también contiene relaciones sociales y recursos físicos (Cummins et al. 2007, pp. 1825). Aportaciones científicas e investigativas realizadas en esta materia, que incorporan el “factor territorial”, lo hacen a través de la aplicación de modelos multinivel de análisis, haciendo del territorio una herramienta de visualización de la información social vinculada a ciertas características de la población a través de geodatos (*shapefiles*) o capas temáticas.

En esta diferenciación de capas se identifican dos niveles, valor contextual y valor individual. El primero, se concibe a partir de las interrelaciones y dinámicas de la población develadas en el territorio. En esta perspectiva de análisis, se incorporan aquellos hechos colectivos que afecten a un grupo de población. Por otro lado, el valor

del nivel individual hace referencia directa al análisis del sujeto y sus vínculos, principalmente abordando las denominadas opciones/preferencias/riesgos individuales.

Vinculadas directamente a los modelos multinivel, las escalas de agregación de datos son fundamentales y necesarias de definir para concretar el correcto estudio de los procesos geográficos abordables dentro de las metodologías que las tecnologías de la información geográfica ofrecen. Factores culturales, económicos, demográficos y ambientales se encuentran presentes en todas las escalas en las cuales se represente el espacio. La forma o estrategia con que se divide el territorio no le confiere homogeneidad. (Barcellos, Ch. 2003. pp. 308).

En esta misma línea, la definición de la escala puede ampliar o reducir el detalle del análisis de la situación social que se pretenda evaluar. En otras palabras, si se utilizan unidades espaciales a nivel país, se agrupará tanta información como proporción de población abarque aquél territorio, y con ello la relación entre el detalle de aquella información y el margen de error será proporcionalmente negativa. Por el contrario, si se busca realizar una evaluación a nivel puntual, se abordarán datos continuos sin la necesidad de intersectar con las unidades administrativas del espacio, las cuales suelen ser discretas en su evaluación.

Al definir la escala de agregación de datos, surgen otras características propias del territorio, las cuales le otorgan mayor competencia a las diferentes investigaciones. Es así como la unidad de “barrio” surge en materia de análisis, los cuales dentro de los estudios sociales se entienden como la noción de un lugar en función de un sistema único de recursos pertinentes y las relaciones sociales alojadas dentro de las fronteras geográficas. Se consideran ciertos aspectos de interés respecto a los barrios, tales como la formación de la estructura de oportunidades, las características físicas compartidos por todos los residentes (e.g. la calidad de vida del aire o la presencia de productos tóxicos), la presencia de ambientes que fomentan un estilo de vida saludable en el hogar, el trabajo y el juego, servicios de calidad para todos los segmentos de la población, incluidas las escuelas, bibliotecas, transporte y otros servicios de proximidad; características socioculturales que reflejan la historia de vecindad y que forman su tejido social y, por último, la reputación de la zona como muestra a través de las representaciones de los propios residentes y de otros actores relevantes (Bernard, P. et al. 2007. pp. 1841).

Este escenario, genera la necesidad de observar las relaciones de dependencia y jerarquía que en el territorio se generan a través de los procesos sociales, políticos y económicos. A partir de lo expuesto, se ajusta la primera ley de la geografía donde “todos los elementos están relacionadas entre sí, pero aquellos más próximos en el espacio tienen una relación mayor que aquellos distantes” (Tobler, W. 1970 citado en Waller, L. y Gotway, C. 2004. pp. 3), lo cual permite detallar aún más la importancia que posee el territorio en los diversos estudios sociales. Esto a partir de que las medidas de distancia y proximidad de las características similares de la población,

pueden ser utilizadas para detectar las fuentes de exposición a malestares sociales y/o para evaluar la proximidad de las personas a oportunidades sociales.

Por consiguiente, a continuación se muestra una selección de ciertos aportes científicos de relevancia que abordan el “factor territorial” desde diferentes perspectivas y metodologías, los cuales resaltan por incorporar el concepto territorial desde una lógica de soporte y/o herramienta con casos de estudio en diferentes localizaciones geográficas, examinando técnicas que consiguen vincular el espacio geográfico con bases de datos alfanuméricas estadísticas, con el fin de dilucidar contextos de (des)favorecimiento en la población. En cuadro 1 se reseña un conjunto de trabajos que ejemplifican aproximaciones al asunto y en los que se adoptan métodos diferentes.

En un amplio espectro, las investigaciones en cuestión incorporan el concepto de territorio mayoritariamente como un elemento de soporte y/o herramienta frente a la gama de información y geodatos que son cada vez más disponibles para el uso común. Por otro lado, es menester destacar aquellas investigaciones que utilizan el territorio como unidad de análisis, con la posibilidad de detectar contextos, espacios y dinámicas, pero aún más importante, que da la posibilidad de comparar diferentes áreas de estudio si se precisa mantener el nivel de escala.

[Nota al lector: Cuadro 1 completo en página siguiente]

Cuadro 1: Selección de aportes científicos que incorporan el territorio en sus análisis.

Autor, año.	Área geográfica	Objetivos	Factor Territorial	Método	Resultados
Barcellos C. et al. 2006	Sur de Brasil	Estimar prevalencia de VIH en embarazadas a través de análisis espacial	Territorio como unidad de análisis y soporte de dinámicas sociales	Función Kernel Gaussiana a partir de geocodificación de casos (geometría de punto)	Correlación efectiva entre alta prevalencia y cercanía a barrios bajos de la ciudad
Messina J. et al. 2013	República Democ. del Congo	Identificar variables de caracterización espacial contextual de individuos sometidos a test de anemia	Territorio como soporte de dinámicas sanitarias	Interpolación espacial de datos georeferenciados, modelos de regresión multinivel y análisis clúster	Prevalencia de la enfermedad varía entre diferentes contextos geográficos
Pampalon R. et al. 2005	Quebec, Canadá	Evidenciar potenciales disparidades en salud intrarurales a partir de indicadores examinados por cuadrículas espaciales censales estandarizadas	Territorio como unidad de análisis en contexto rural	Análisis de indicadores de biología humana, medioambiente, estilo de vida y organización sanitaria a partir de unidades espaciales estandarizadas.	Pequeñas diferencias en estados de salud entre diferentes áreas geográficas
Padilla, C. et al. 2013	Áreas metropolitanas de Lille y Lyon, Francia	Investigar la distribución espacial de la mortalidad infantil	Territorio como base de localización y contexto de la población	Análisis espacial a partir de tasa de mortalidad infantil, índice de privación construido y concentración de No2.	Patrones geográficos de inequidades en salud.
Sridharan, S. et al. 2007	Escocia	Dilucidar correlato significativo entre patrón espacial de la "privación" y alta mortalidad.	Territorio como soporte de dinámicas resultantes en desfavorecimiento	Distribución espacial, correlación de Pearson, Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (ESDA), índice de Moran, LISA y Carstairs	Patrones espaciales de privación posiblemente implicados en niveles de mortalidad.
Zhou J. et al. 2012	Zona rural de la provincia de KwaZulu-Natal, Sudáfrica	Identificar clústers de sobrepeso e hipertensión en la población	Territorio como soporte de asociaciones espaciales de desfavorecimiento y prevalencia	Análisis clúster de geodatos a través de "Spatial Scan Statistics" (SaTScan) y modelo probabilístico de Bernoulli	Presencia de asociación espacial fuerte en prevalencia de sobrepeso

Fuente: Fuenzalida et al. (2013).

El componente geométrico y alfanumérico del territorio como unidad de análisis

Entender el contexto en el cual un evento de la realidad ocurre, aporta a la comprensión de los procesos sociales y ambientales que intervienen en la conformación de distintos escenarios de bienestar/malestar de la población. Todos estos aspectos pueden ser abordados convenientemente a través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) con fines de análisis espacial, lo cual posibilitaría primero, el análisis de patrones o diferencias de la situación social en distintos niveles de agregación espacial. En segundo lugar, la identificación de fortalezas/debilidades/oportunidades/amenazas territoriales. Tercero, la identificación de grupos desfavorecidos y de áreas críticas. Finalmente, la identificación de territorios de mayor o menor calidad de vida.

En un sentido más amplio, en la búsqueda de un desarrollo equilibrado y sostenible del territorio, el uso de técnicas de SIG y análisis espacial ha demostrado ser herramientas útiles para informar a la política pública, y determinar las áreas que requieren una intervención específica (Padilla et al. 2013). Por ejemplo, para el diseño de planes, programas y proyectos con fines de planificación territorial, es de gran utilidad entender los factores que pueden contribuir a las variaciones geográficas de éxito/fracaso de la imagen objetivo de un plan. El principal impacto positivo estriba en que se ha utilizado para identificar y caracterizar la agrupación de territorios que procuren un desarrollo territorial equilibrado, en base a la armonización de las exigencias sociales y económicas del desarrollo con las funciones ecológicas y culturales del territorio. La Estrategia Territorial Europea (ETE) es un buen modelo para examinar.

La cuestión clave es entender que el territorio como unidad de análisis requiere de la combinación de dos componentes, uno geométrico y otro alfanumérico, que deben estar unidos por una clave o identificador único e irrepetible (v.gr. ID). El primero de ellos, hace referencia a un formato *vectorial* (punto, línea o polígono) o *ráster* (celdas) que permite conocer su localización espacial, forma geométrica y tamaño de los objetos. El segundo permite conocer las características temáticas o descriptivas de los objetos. En el marco de las tecnologías de la información geográfica, ello se conoce como geodatos que corresponde a un formato vectorial o ráster de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos.

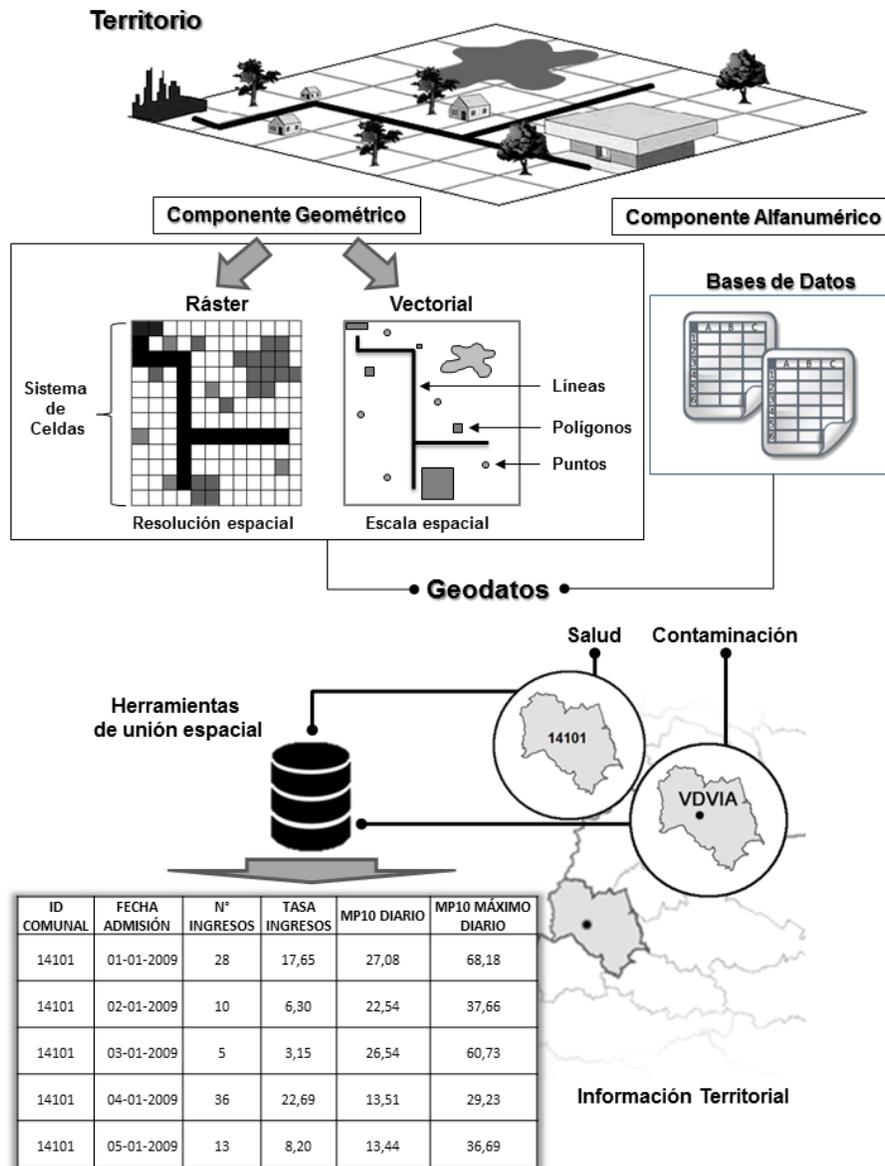
Si bien en la actualidad existen notables avances por un lado, en los sistemas de registros de estadísticas (e.g. CEPALSTAT; REDATAM; UNdata; EUROSTAT) y por otro, en los esfuerzos para construir Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) que permitan tomar decisiones acertadas sobre el territorio a distintas escalas, aún queda pendiente la tarea de hacer efectiva la agregación de los datos basado en su localización espacial, de tal forma de obtener una base de datos territorial útil para investigaciones sociales. Los SIG permiten realizar esta acción a partir del uso de herramientas de unión espacial (*spatial join*), que permiten unir datos espaciales de

distintas capas temáticas basadas en su sistema de coordenadas. Otras herramientas de geoprocесamientos útiles se pueden observar en el cuadro 2.

Por ejemplo, en la figura 1 se muestra que es posible vincular los niveles de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado respirable con las admisiones hospitalarias asociadas a enfermedades respiratorias y cardiovasculares de interés, para cada día calendario de un año en particular (e.g. 2009), tomando como variables el valor promedio diario en 24 horas y el valor máximo (*peak*) en 1 hora, junto con la fecha inicial de admisión hospitalaria. Para ello, se requiere con dos conjuntos de datos espaciales. El primero corresponde a MP_{10} [vector tipo punto – localiza una estación de monitoreo] y el segundo compete a las Admisiones Hospitalarias [vector tipo polígono – localiza una unidad político administrativa]. Al unir los datos basado en su localización espacial, se obtiene una base de datos territorial que contiene el valor promedio y *peak* por día de la estación *X* y el número total de admisiones hospitalarias por día en la comuna *Y*.

[Nota al lector: Figura 1 en página siguiente]

Figura 1: Ejemplo de Geodatos y procedimiento de unión de atributos por localización (*spatial join*).



Fuente: Fuenzalida et al. (2013).

Lograr geodatos con este nivel de complejidad es primordial para los estudios sociales, ya que, para este caso en particular, los efectos negativos de la contaminación atmosférica sobre la población, que en términos territoriales se manifiesta en que las áreas más contaminadas suelen ser zonas donde vive la población más pobre (Anderson, 1967, citado por Duchidae, 1992. pp. 314).

Cuadro 2: Herramientas de geoprocamiento de información territorial.

Herramienta	Interpretación	Funcionalidad
Buffer	Área de influencia	<p>Construye áreas de influencia a partir de elementos espaciales seleccionados.</p> <p>Ejemplo de aplicación: Construcción de umbrales de distancia para conocer quienes tienen o no acceso a un servicio público/privado. Construcción de área de influencia de un proyecto público/privado. Construcción de un perímetro de protección de una zona patrimonial.</p>
Clip	Cortar	<p>Permite usar un geodato como una plantilla para cortar un segundo geodato.</p> <p>Ejemplo de aplicación: Geodato plantilla: Unidad Vecinal. Segundo Geodato: Manzanas Censales de una ciudad. Resultado: Se obtienen las manzanas censales que están al interior de los límites de la unidad vecinal. Por ende, para dicho territorio se podrían conocer las características de población y vivienda de la población residente.</p>
Dissolve	Disolver	<p>Agrupar en una sola entidad todos aquellos elementos espaciales que tengan un valor común para un atributo especificado por el investigador social.</p> <p>Ejemplo de aplicación: Extraer de una capa de municipios una capa con la extensión de las provincias a las que pertenecen, a través de la agregación de los diferentes polígonos que conforman los municipios.</p>
Intersect	Intersección	<p>Permite cortar un geodato (input) usando los elementos espaciales de otro (overlay) para crear un geodato que tiene elementos espaciales y atributos de ambas.</p> <p>Ejemplo de aplicación: Obtención de información sobre las unidades vecinales de una determinada ciudad.</p>
Union	Unión	<p>Combina dos o más geodatos para dar origen a una sola de salida.</p> <p>Ejemplo de aplicación: Obtención de información regional (e.g. Latinoamérica) a partir de la unión de los distintos geodatos de los países que conforman el conglomerado regional.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Para ultimar el presente apartado, es importante advertir que los métodos señalados en el cuadro 1 pueden ser ejecutados dependiendo de la disponibilidad de variables pertenecientes al componente alfanumérico, para lo cual es necesario recurrir a software estadísticos, entre los cuales *geoR* presenta notables ventajas.

Balance

La adopción del territorio como unidad de análisis se hace imprescindible para comprender el comportamiento de cualquier fenómeno social relativo a ambientes de (des)igualdad, (in)equidad, (des)equilibrio, (in)justicia y sus resultados en la población residente de un espacio delimitado (Buzai, 2007; Fuenzalida y Moreno, 2010).

El territorio se articula como un factor transversal e indispensable para reflejar la realidad social. Al ser una construcción social, es posible evidenciar las relaciones que se establecen entre las personas y su medio. Desde un punto de vista teórico, implica definir el valor contextual del área de estudio que se pretende analizar. Desde una perspectiva empírica por un lado, se comporta de forma dúctil en cuanto al manejo de información y por otro, su localización refiere a distintos elementos interrelacionados, que pueden ser examinados a partir de diferentes técnicas a emplear.

Por lo anteriormente expuesto, es imperante que el territorio se posicione consistentemente en los estudios sociales. Para ello, la comunidad científica y actores gubernamentales debieran de implementar un amplio e inclusivo esfuerzo por empoderar el “factor territorial” en sus respectivos procesos de producción y transmisión de conocimiento o estrategias, asumiendo que es el territorio, el cimiento por excelencia de las interrelaciones sociales y al mismo tiempo, un complejo instrumento para materializar las diversas realidades y demandas sociales.

Si esto es posible de materializar, ciertamente el uso del territorio como unidad de análisis, apunta a un futuro auspicioso. Es por ello que este asunto reclama hoy un puesto principal y transversal en las políticas públicas, para que de esta forma, adquieran repercusión en el bienestar/malestar de las personas, proyectando aminorar la brecha de aquellas asimetrías de poder que la humanidad adeuda históricamente con sí misma. La cuestión clave a entender aquí es que aquellos desequilibrios reflejados en el territorio, poseen una dependencia intrínseca entre quienes ofrecen bienestar y la población que demanda dicho "bien", siendo una porción importante de la misma quien debe considerar este beneficio como un privilegio a adquirir o adquirido (en muchos casos transable) más que un derecho natural de las personas.

Por consiguiente, incitar al investigador y/o al hacedor de políticas públicas a adoptar el territorio como unidad de análisis cuando se aborde la relación ambiente y sociedad, pretende dar énfasis a la captura y manipulación de geodatos y elaborar discusiones desde una perspectiva de correlato entre el estado de bienestar/malestar de los individuos y el contexto en el cual se desenvuelven cotidianamente. Así, la

influencia que ejercen las variables sociales que determinan y limitan las circunstancias sociales de la población sobre el contexto territorial de las personas, permitirán medir y evaluar en qué grado repercute de forma directa o indirecta en el estado de equilibrio o desequilibrio de las mismas, trascendiendo escalas y límites políticos administrativos.

Bibliografía

Barcellos, C. (2003). Unidades y escalas en los análisis espaciales en salud. *Rev Cubana Salud Pública*, Vol.29, n.4, pp. 307-313.

Barcellos, C., Acosta, LM., Lisboa, E.P., Brito, M.P., & Flores, R. (2006). Estimate of HIV prevalence in pregnant women by means of spatial analysis in Southern Brazil. *Rev Saúde Pública* n°40(5).

Bernard, P., Charafeddine, R., Frohlich, K., Daniel, M., Kestens, Y. & Potvin, L. (2007). Health inequalities and place: A theoretical conception of neighbourhood. *Social Science & Medicine*, Vol. 65, pp. 1839 – 1852.

Buzai, G. (2007). Métodos cuantitativos en Geografía de la Salud. *Universidad Nacional de Luján*. Luján. pp. 113-131.

Cummins, S., Curtis, S., Diez-Roux, A. & Macintyre, S. (2007). Understanding and representing 'place' in health research: A relational approach. *Social Science & Medicine*, Vol. 65, pp 1825 – 1838.

Davidson, R., Mitchell, R. & Hunt, K. (2008). Location, location, location: The role of experience of disadvantage in lay perceptions of area inequalities in health. *Health & Place*, Vol. 14, pp 167 - 181.

Fuenzalida, M. & Moreno, A. (2010) Propuesta metodológica para establecer el patrón territorial del status socio-económico de la población, basada en pequeñas unidades espaciales estándar. Aplicación a la región de Valparaíso (Chile). *Argos*, Vol. 27, N° 52, pp 98-125.

Fuenzalida, M., Cobs, V. Guerrero, R. (2013): El territorio como unidad de análisis en estudios sobre las determinantes sociales de la salud. *Argos*, Vol. 30, núm. 59, pp.87-106.

Gutián, D., (2007). Los bienes culturales en el espacio habitable. *Argos*, Vol. 24, N° 47, pp 28-41.

Junges, J. & Barbiani, R (2013). Interfaces entre território, ambiente e saúde na atenção primária: uma leitura bioética. *Revista Bioética*, Vol. 21, N°2.

Messina, J., Mwandagalirwa, K., Taylor, S., Emch, M. & Meshnick, S. (2013). Spatial and social factors drive anemia in Congolese women. *Health & Place*, Vol. 24, pp. 54 - 64.

Montañez, G. & Delgado, O. (1998). Espacio, territorio y región: conceptos básicos para un proyecto nacional. *Cuadernos de Geografía*, VII (12), pp. 120- 144.

Morassaei, S., Curtis Breslin, F., Ibrahim, S., Smith, P., Mustard, C., Amick III, B., et al (2013). Geographic variation in work injuries: a multilevel analysis of individual-level data and area-level factors within Canada. *Annals of Epidemiology*, Vol. 23, pp 260 - 266.

Padilla, C., Deguen, S., Lalloue, B., Blanchard, O., Beaugard, C., Troude, F., et al (2013). Cluster analysis of social and environment inequalities of infant mortality. A spatial study in small areas revealed by local disease mapping in France. *Science of The Total Environment*, Vol. 454-455, pp 433 - 441.

Pampalon, R., Martinez, J. & Hamel, D. (2006). Does living in rural areas make a difference for health in Québec? *Health & Place*, Vol. 12, pp 421 - 436.

Schneider, S. & Peyré Tartaruga, I. (2006). Territorio y enfoque territorial: de las referencias cognitivas a los aportes aplicados al análisis de los procesos sociales rurales. En Manzanal, M., Neiman, G. & Lattuada, M. (Eds), *Desarrollo Rural. Organizaciones, Instituciones y Territorio* (pp 71 - 102). Buenos Aires. Ed. Ciccus.

Smith, S. & Easterlow, D (2005). The strange geography of health inequalities. *Transactions of the Institute of British Geographers*, Vol. 30, pp 173 - 190.

Sridharan, S., Tunstall, H., Lawder, R. & Mitchell, R. (2007). An exploratory spatial data analysis approach to understanding the relationship between deprivation and mortality in Scotland. *Social Science & Medicine*, Vol. 65, pp 1942 - 1952.

Waller, L. & Gotway, C. (2004). *Applied Spatial Statistics for Public Health Data*. Wiley series in probability and statistics.

Zhou, J., Lurie, M., Bärnighausen, T., McGarvey, S., Newell, M. & Tanser, F. (2012). Determinants and spatial patterns of adult overweight and hypertension in a high HIV prevalence rural South African population. *Health & Place*, Vol. 18, pp. 1300 - 1306.

INTERPOLACIÓN ESPACIAL CON SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Manuel Fuenzalida Díaz

Introducción

Debido al alto costo y a los recursos escasos, la recolección de datos usualmente es llevada a cabo sólo en un número finito y limitado de ubicaciones de puntos seleccionados. La selección de puntos puede ser aleatoria, regular o agregada. Utilizando Sistemas de Información Geográfica, la interpolación de esos puntos puede ser aplicada para crear una superficie continua (vectorial o ráster) con estimaciones realizadas para una cobertura completa del territorio (Cañada et al. 2010).

En su definición básica, la interpolación es un procedimiento matemático utilizado para predecir el valor de un atributo en una locación precisa, a partir de valores del atributo obtenidos de locaciones vecinas, ubicadas al interior de la misma región o unidad espacial contenedora. La hipótesis básica de la interpolación espacial es que, en promedio, valores de un atributo dentro de una vecindad en el espacio tienen una fuerte probabilidad de ser similares y que esta probabilidad disminuye respecto a valores de una vecindad separados por una gran distancia. (Miranda-Salas y Condal 2003).

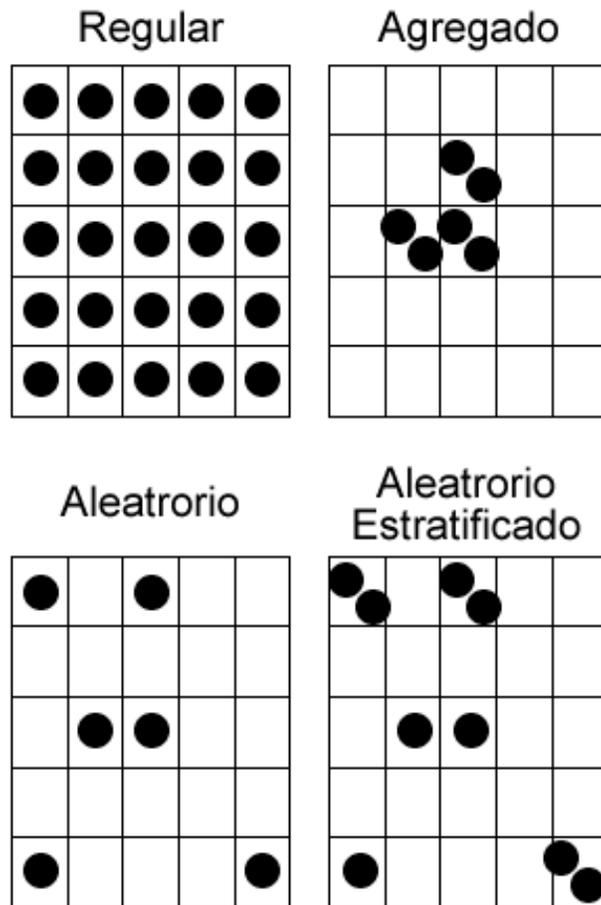
Ejemplo de aplicaciones de interpolación espacial podrían ser mapas de concentración de contaminantes a partir de lugares de muestra o estaciones de monitoreo ambiental, agricultura de precisión utilizando rendimientos productivos, niveles de criminalidad a partir de la geolocalización de denuncias, valor del precio del suelo usando información de portales inmobiliarios, etc.

Si bien es cierto que se puede construir interpolaciones a partir de un número relativamente pequeño de puntos (<10), a medida que se tiene un mayor número de puntos (>30) los resultados mejoran notablemente. Todo depende de la extensión espacial y la variación espacial de los fenómenos que se están estudiando. A modo de ejemplo es posible señalar que en estudios de suelo es común levantar entre 6 y 12 puntos de datos por hectárea.

Una cuestión clave a la hora de interpretar una interpolación es poseer una comprensión básica de los fenómenos que se están estudiando (v.gr. forma de difusión de la concentración de contaminantes, variabilidad de condiciones meteorológicas según elevación y latitud, etc.). La ubicación del lugar donde se obtienen los datos,

puede ser un factor determinante en el análisis de ellos. En términos ideales, debería efectuarse un patrón que ofrece una cobertura total y uniforme de la región de estudio. Sin embargo, hay que mencionar que, patrones uniformes pueden inducir a falsos resultados si coinciden en su período con algún fenómeno regular presente en el terreno. Por esta razón, son comúnmente utilizados patrones de adquisición de datos que no ofrecen casi ningún grado de uniformidad. En la figura 1 es posible observar distintos patrones de adquisición de datos. Para el regular, la densidad es constante y los puntos se disponen alejados entre sí. Para el agregado, la densidad es muy elevada en ciertas zonas. Para el aleatorio, las posiciones de los puntos son independientes entre sí.

Figura 1: Patrones de adquisición de datos para interpolar.



Fuente: Elaboración propia.

Métodos de interpolación

Todo conjunto de datos que pueda ser referenciado a partir de un sistema de coordenadas con un punto de origen conocido (e.g. latitud/longitud o UTM) se ven condicionados por la primera ley de geografía o principio de autocorrelación espacial, según el cual *todo se relaciona con todo, pero las cosas más próximas o cercanas se relacionan más que las distantes* (Tobler 1970), no obstante, la autocorrelación espacial viola un supuesto básico de muchos test estadísticos tradicionales, el cual presume que las observaciones sean independientes. La independencia en un conjunto de datos geográficos se daría si su localización no fuera significativamente distinta de una localización resultante de una asignación aleatoria para cada lugar i posible del mapa (Upton y Fingleton 1985). Puesto que en la naturaleza esto anómalamente ocurre, abordar la dependencia espacial de los datos llevó a desarrollar nuevos procedimientos que tuvieran en cuenta tal circunstancia.

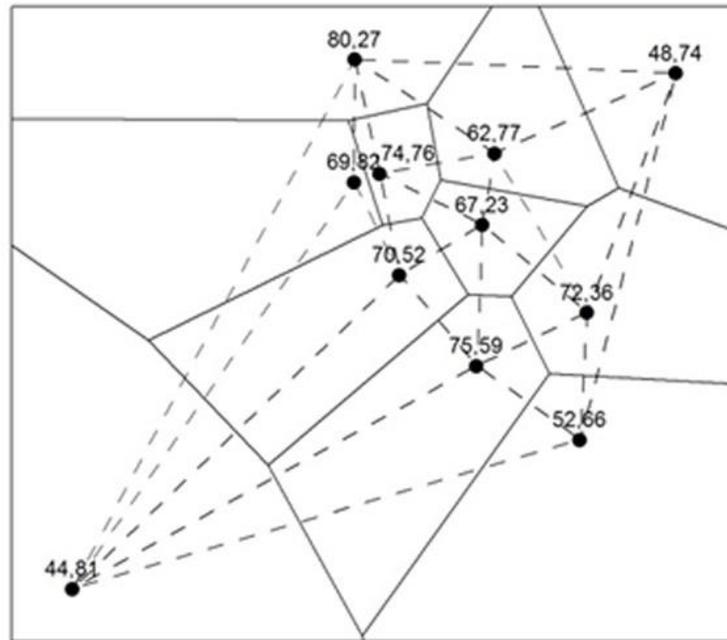
Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) actualmente presentan enormes ventajas para abordar el problema de la autocorrelación espacial, entre las cuales se encuentran herramientas para análisis exploratorio de datos espaciales y la generación de superficies continuas a partir de datos discretos, utilizando interpoladores espaciales. En esta familia de recursos, nos encontramos con soluciones del tipo polígonos de Thiessen, de formato de salida vectorial, y los formatos de salida ráster como interpolación por la media ponderada por el inverso de la distancia (*inverse distance weighted - IDW*) o el Kriging, que se utiliza en geoestadística cuando se requiere proporcionar estimaciones probabilísticas de la calidad de la interpolación.

Conceptualmente, el método más simple de interpolación corresponde a los polígonos de Thiessen, que consiste en una configuración geométrica que define una división del territorio de suerte que, partiendo de una distribución de puntos inicial, cada zona o polígono delimita una porción del espacio que queda más cerca del punto situado en el interior del polígono que de cualquier otro punto. La cuestión básica es la consideración a mediatrices, luego de la proyección de ellas se pasa a calcular las áreas de influencia (ver figura 2). La estimación del atributo en un punto no muestreado dentro del polígono V_i corresponde al valor medido en el punto de los datos x_i más cercano. Los pesos son:

$$\lambda_i = \begin{cases} 1 & \text{if } x_i \in V_i, \\ 0 & \text{de otra manera} \end{cases}$$

Todos los puntos (o ubicaciones) dentro de cada polígono se les asigna el mismo valor (Ripley, 1981; Webster y Oliver, 2001). Si el muestreo fuera una grilla regular, todos los polígonos serían iguales.

Figura 2: Interpolación a partir de polígonos de Thiessen.



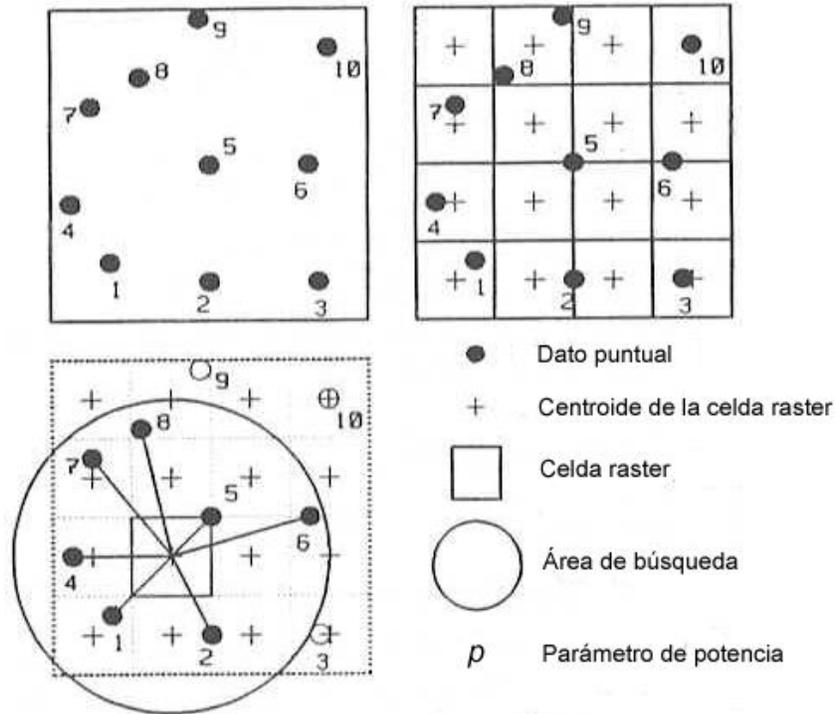
Fuente: Fuenzalida et al., 2014.

El interpolador IDW, consiste en una combinación de tipo lineal de los datos promediados con un peso que es función del inverso de la distancia. Cuanto más cercano esté el punto de muestreo disponible al punto a interpolar, mayor influencia recibirá dicho dato en su cálculo (ver figura 3). Los pesos pueden ser expresados como:

$$\lambda_i = \frac{1/d_i^p}{\sum_{i=1}^n 1/d_i^p}$$

Donde d_i es la distancia entre x_0 y x_i , p es un parámetro de potencia, y n representa el número de puntos usados para la estimación. El principal factor que afecta a la exactitud de IDW es el valor del parámetro de potencia (p). La opción más utilizada de p es 2 y el método resultante es a distancia inversa al cuadrado (Webster y Oliver, 2001). IDW se conoce como "media móvil" cuando p es cero (0), "interpolación lineal" cuando p es 1 y "ponderada media móvil" cuando p no es igual a 1 (Laslett et al., 1987; Burrough y McDonnell, 1998).

Figura 3: Interpolación a partir de IDW.



Fuente: Adaptado de Krajewski & Gibbs, 1994.

El cálculo del punto seleccionado en la figura 3 quedaría de la siguiente forma:

$$\hat{z}(x_0) = \frac{\frac{1}{d_1^p}x_1 + \frac{1}{d_2^p}x_2 + \frac{1}{d_3^p}x_3 + \frac{1}{d_4^p}x_4 + \frac{1}{d_5^p}x_5 + \frac{1}{d_6^p}x_6 + \frac{1}{d_7^p}x_7 + \frac{1}{d_8^p}x_8}{\frac{1}{d_1^p} + \frac{1}{d_2^p} + \frac{1}{d_3^p} + \frac{1}{d_4^p} + \frac{1}{d_5^p} + \frac{1}{d_6^p} + \frac{1}{d_7^p} + \frac{1}{d_8^p}}$$

El interpolador kriging, incorpora las propiedades estadísticas de los datos muestrales y proporciona una medida del error de la misma, siendo éste último un indicador de una buena o mala predicción. Se considera del tipo Mejor Estimador Lineal Insesgado o Estimador Lineal Insesgado Óptimo: es lineal porque sus estimaciones son combinaciones lineales ponderadas de los datos existentes; y es insesgado porque procura que la media de los errores (desviaciones entre el valor real y el valor estimado) sea nula; es el mejor (óptimo) porque los errores de estimación tienen una variancia (variancia de estimación) mínima. Esta técnica de interpolación se basa en la premisa de que la variación espacial continúa con el mismo patrón.

Con este interpolador también es posible utilizar covariables para estimar de manera indirecta valores en sitios no muestrados, método que se conoce como CoKriging. Consiste en hacer predicción espacial de una variable con base en su información y en la de algunas variables auxiliares que este correlacionadas espacialmente con ella. Ejemplo de ello, sería utilizar variables de humedad relativa y precipitación.

Para construir una superficie continua a partir de datos puntuales, de una capa ráster o de polígonos, en primer lugar, se debe estudiar la autocorrelación espacial de la variable a interpolar. Luego, calcular una función de interpolación que tiene en cuenta el grado y tipo de autocorrelación existente en la variable. Finalmente, utilizar el semivariograma para describir y elaborar modelos espaciales, prediciendo valores en puntos no muestrales y proporcionando una medida de valoración de los mismos (Cañada 2006).

Isaaks y Srivastava (1989), recomiendan que todo trabajo geoestadístico tiene que llevarse a cabo en tres etapas fundamentales:

1) *Análisis exploratorio de los datos*. Se estudian los datos muestrales sin tener en cuenta su distribución geográfica. Sería una etapa de aplicación de la estadística. Se comprueba la consistencia de los datos, eliminándose los erróneos e identificándose las distribuciones de las que provienen.

2) *Análisis estructural*. Estudio de la continuidad espacial de la variable. Se calcula el variograma, u otra función que explique la variabilidad espacial, y se ajusta al mismo un variograma teórico. Los semivariogramas son una representación gráfica en coordenadas cartesianas, donde en el eje de las ordenadas se registra la semivarianza, mientras por las abscisas se representa un vector con modulo igual al intervalo de muestreo, con dirección y sentido variables (ver figura 4).

Por ejemplo, el método geoestadístico kriging ordinario se basa en el modelo $Z(s) = \mu + \varepsilon(s)$, donde μ es una constante desconocida. Se emplea para datos que no tienen tendencia y cuya media es desconocida. El kriging ordinario usa semivariogramas o covarianzas (que son formas matemáticas de expresar la autocorrelación). También permite transformaciones de los datos, eliminación de tendencias y proporciona medidas de error (Cañada 2006, 836).

Todos los modelos tienen tres parámetros comunes:

Efecto pepita (C_0) [*nugget*]: representa una discontinuidad puntual del semivariograma en el origen, que se puede interpretar como un error en las mediciones.

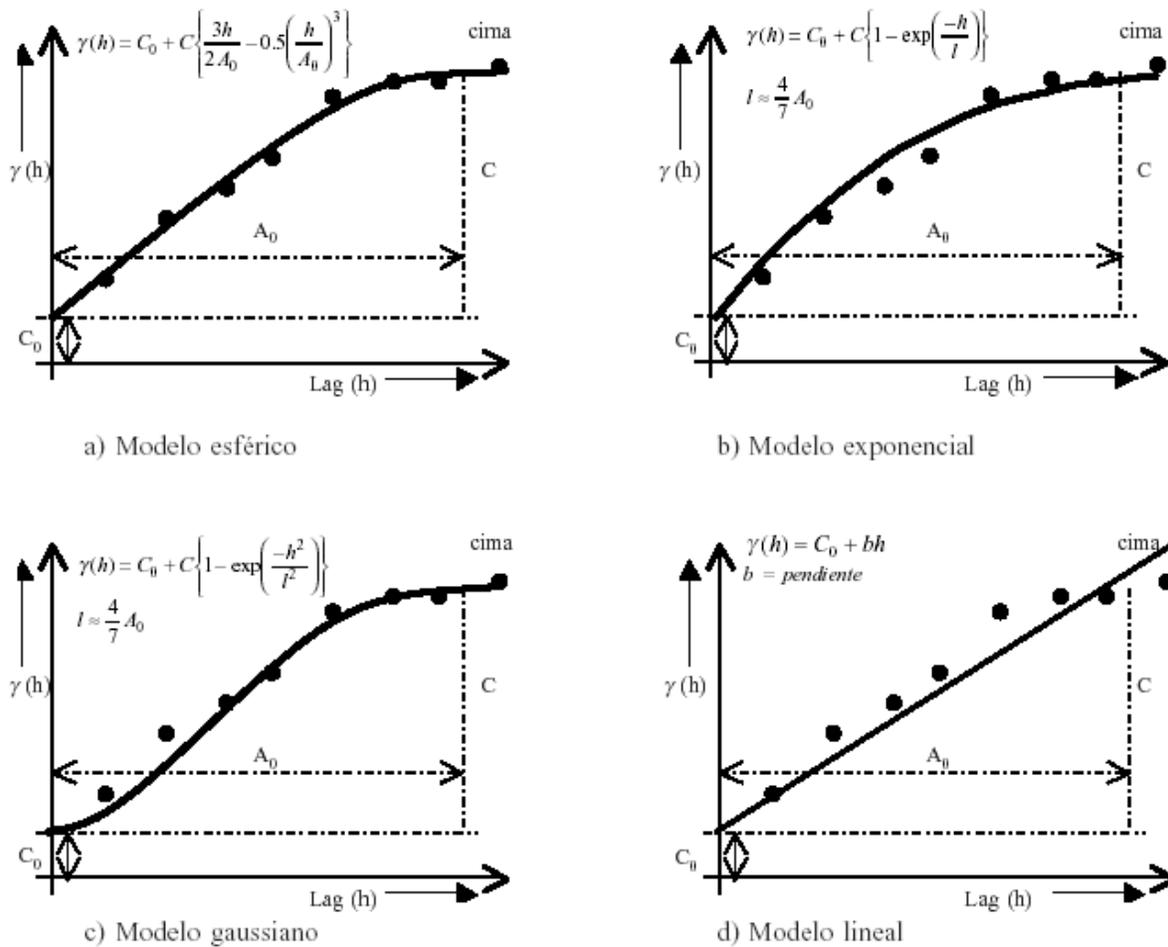
Meseta ($C_0 + C_1$) [*sill*]: es la cota superior del semivariograma, que muestra el límite cuando la distancia h tiende al infinito.

Alcance [*range*]: Corresponde a la distancia a partir de la cual dos observaciones son independientes.

3) *Predicciones*. Estimaciones de la variable en los puntos no muestrales, considerando la estructura de correlación espacial seleccionada e integrando la información obtenida de forma directa en los puntos muestrales, así como la conseguida indirectamente en forma de tendencias conocidas.

El modelo a seleccionar será aquel que mejor reproduzca los datos conocidos, por lo tanto cumplirá con las siguientes condiciones: *Root-Mean-Square* -RMS- (Raíz cuadrada del error medio): cuanto más pequeño sea, mejor serán las predicciones; *Average Standard Error* -ASE- (Error estándar promedio): pequeño, próximo a RMS, la variabilidad de la predicción se calcula correctamente y *Root-Mean-Square Standardized* -RMSS- (Raíz cuadrada del error medio): cerca de uno (1), los errores de la predicción son válidos.

Figura 4: Semivariograma experimental y modelos de semivarianza: a) esférico, b) exponencial, c) gaussiano y d) lineal. Se puede observar el alcance [range], efecto pepita (C_0) [nugget] y meseta ($C_0 + C_1$) [sill].



Fuente: Miranda-Salas y Condal, 2003.

Sobre la medida RMS es oportuno mencionar que es una medida de posición central de un conjunto de valores (X_1, X_2, \dots, X_n), definida como la raíz cuadrada del promedio de los elementos al cuadrado y se utiliza para la determinación del valor eficaz de un parámetro.

Cuadro 1: Ejemplo valores de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado

Punto muestral	Valor	Predicción	Error
1	74,76	70,20	-4,56
2	75,59	64,18	-11,41
3	62,77	67,78	5,01
4	69,82	70,05	0,23
5	67,23	69,36	2,13
6	80,27	71,54	-8,73

Utilizando la fórmula:

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{(-4,56)^2 + (-11,41)^2 + (5,01)^2 + (0,23)^2 + (2,13)^2 + (-8,73)^2}{6}} = 6,54$$

Etapas producir una interpolación en el *Geostatistical Analyst* integrado en *ArcMap*

Etapa A: Análisis exploratorio de los datos.

Geostatistical Analyst > Explore Data > Histogram.

La mayoría de los métodos geoestadísticos sólo son óptimos si la variable de estudio sigue una distribución de probabilidad normal, es decir, media (*mean*) y mediana (*median*) iguales, coeficiente de sesgo (*skewness*) cercano a 0 y curtosis (*kurtosis*) cercano a 3.

De acuerdo con Webster y Oliver (2001) uno puede considerar una transformación de tipo raíz cuadrada si el coeficiente de sesgo se encuentra entre 0,5 y 1, y de tipo logarítmico (ln o log) si el coeficiente de sesgo excede a 1.

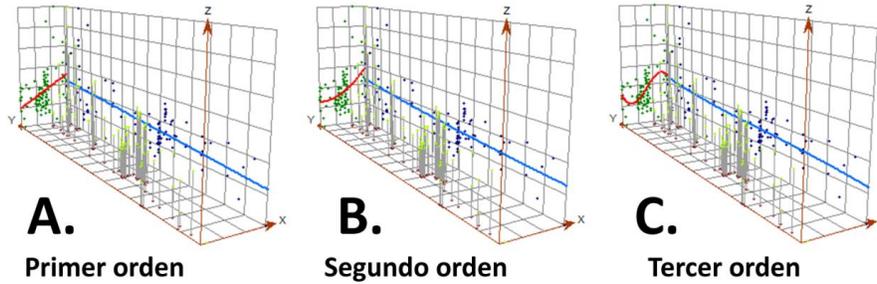
Geostatistical Analyst > Explore Data > Voronoi Map.

Se crean las regiones con menor distancia a los puntos de muestreo Se interpreta como el área de influencia.

Geostatistical Analyst > Explore Data > Trend Analysis.

Se construyen gráficos de tendencia para el comportamiento de los datos proyectados en el eje Y,Z y el eje X,Z. Se debe examinar las características típicas de las funciones de primer, segundo o tercer grado (ver figura 5). Si se encuentra tendencia, es necesario removerla para realizar una interpolación kriging.

Figura 5: Análisis de tendencia de los datos de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual de MP_{10} .



Fuente: Fuenzalida et al., 2014

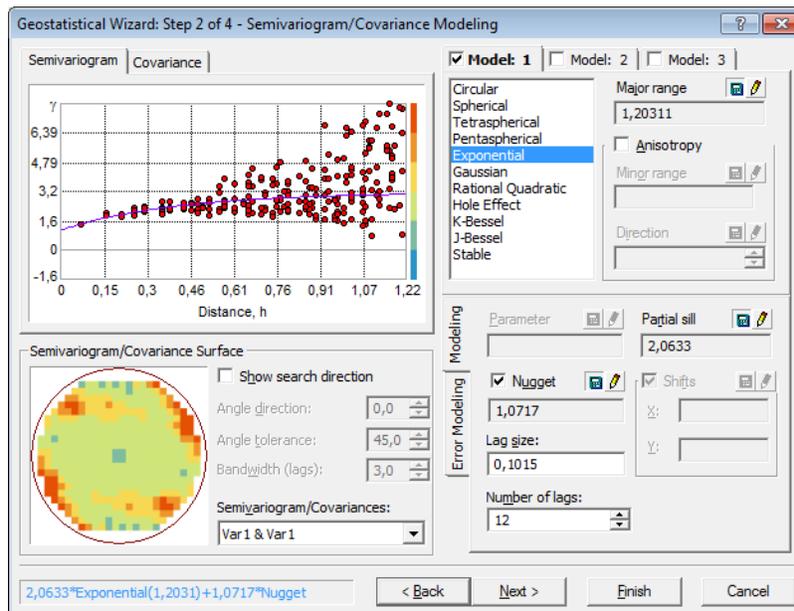
Etapla B: Análisis estructural:

Geostatistical Analyst > Geostatistical Wizard.

Paso 1: Elección del método de interpolación y sus parámetros.

Paso 2: Construcción del *semivariogram/covarianza modeling*. Se introducen los parámetros deseados en el modelado del semivariograma (ver figura 6). Se calculan los parámetros Efecto pepita (C_0) [*nugget*], Meseta ($C_0 + C_1$) [*sill*], Alcance [*range*].

Figura 6: Construcción del semivariograma.



Fuente: Elaboración propia.

Paso 3: Especificación de puntos próximos. Se eligen los parámetros de búsqueda de vecindad. La opción por defecto es 5 máximo y 2 mínimo. Aquí se podrá obtener vista previa de la superficie interpolada, dado los parámetros seleccionados.

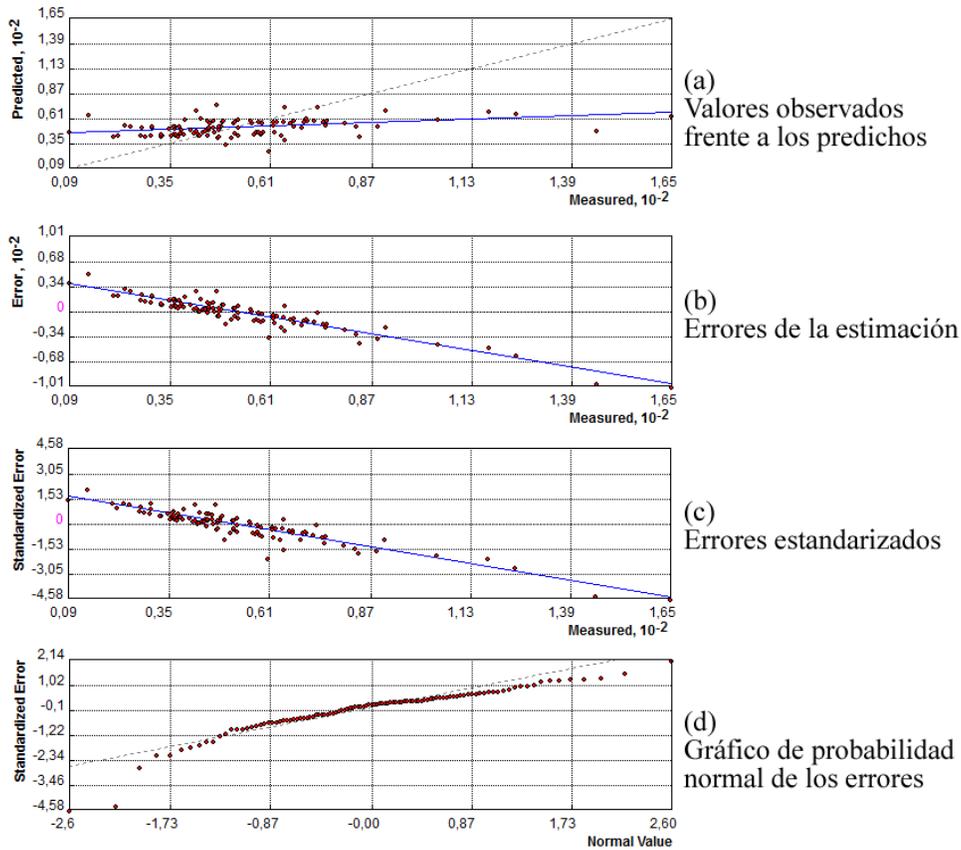
Etapas C: Predicciones:

Paso 1: Obtención de validación cruzada (*Cross Validation*). Cuando se predicen valores en lugares no muestrales, disponemos de esta herramienta para comprobar la validez del modelo que estamos utilizando.

Por ejemplo, la bondad del modelo kriging desarrollado se puede observar en los gráficos de la figura 7. En el primero de ellos (7a), la situación que indicaría mayor exactitud en el modelo correspondería a la superposición de la línea azul continua y la línea negra discontinua. En este caso, existe un número menor de valores que se distancian en exceso, y que una vez inspeccionados, corresponden a puntos muestrales que presentan un valor notoriamente disímil a su conjunto de vecinos. Los dos siguientes (7b y 7c) son semejantes. Los errores en la estimación corresponden a la diferencia entre los valores predichos y los medidos, en el cual se percibe un ajuste deseable. Por su parte, el gráfico del error estandarizado se obtiene dividiendo éste entre el error estándar estimado por kriging. Finalmente, se advierte en el gráfico de probabilidad normal de los errores (7d), que estos no se distribuyen normalmente.

[Nota al lector: Figura 7 en página siguiente]

Figura 7: Gráficos de valores pronosticados en validación cruzada.



Fuente: Fuenzalida et al., 2014

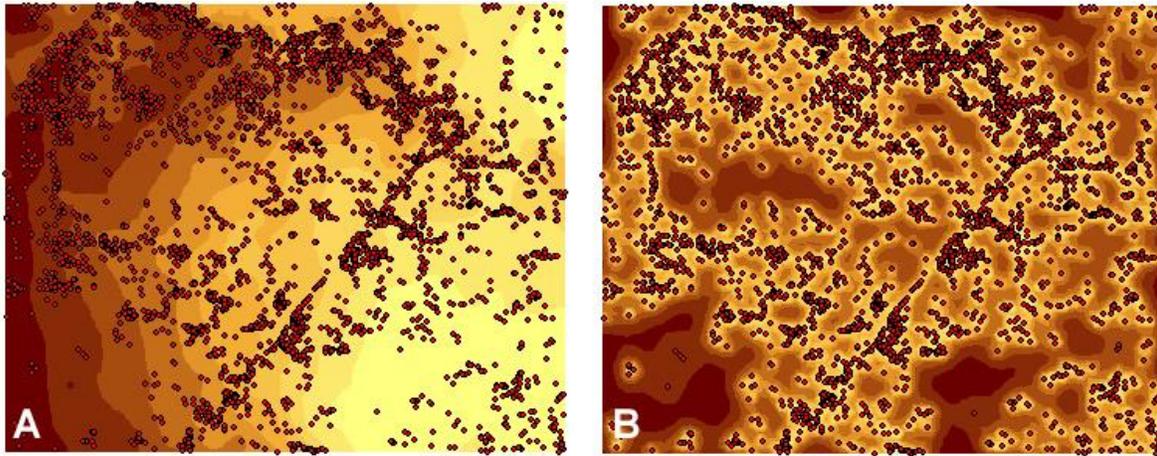
Paso 2: Obtención del mapa de predicción.

Se crea un mapa de superficie, en formato ráster, con los valores de predicción para puntos no muestrales (ver figura 8A).

Paso 3: Obtención del mapa de errores de predicción.

Sobre la capa de interpolación creada (mapa de predicción) > click botón derecho del mouse > *Create Prediction Standard Error Map* para crear el mapa con los errores estándar de la predicción. Con ello podemos analizar la variabilidad de los valores predichos. Observar que los valores son más altos a medida que nos alejamos de los puntos muestrales (ver figura 8B).

Figura 8: Mapa de predicción (A) y Mapa de Errores de la predicción (B).



Fuente: Elaboración propia.

Balance

El principal objeto de la interpolación es predecir valores donde hay ausencia de datos. En la búsqueda de este propósito se debe tener en cuenta que los elementos necesarios para utilizar interpolación son por un lado, existencia de datos autocorrelacionados y por otro, puntos de valores conocidos que pueden ser utilizados como puntos de control.

De los tres métodos de interpolación descritos, sólo kriging entrega información acerca de la calidad del valor interpolado. Para seleccionar el modelo que mejor modela nuestros datos, se escoge el que presente menor RMS, menor ASE, RMSS más cercano a uno y mayor porcentaje de confiabilidad. Al representar los datos en un semivariograma empírico y ajustarlo a uno de los modelos matemáticos usados para su representación teórica, es posible comparar los resultados de error en la predicción.

Lo anterior es una actividad fundamental al utilizar interpolación. Se desaconseja quedarse con el primer resultado (predicción) que arroja el SIG. Se debe comparar múltiples métodos y ajustes a distintos modelos teóricos. Según la naturaleza de los datos, en ocasiones el IDW será mejor que cualquier Kriging, en otro, la escases de datos muestrales sólo aconsejará utilizar polígonos de Thiessen.

Bibliografía

Cañada, R. (2006). Análisis exploratorio de datos espaciales: gráficos de distribución. En *Sistemas y análisis de la información geográfica*, ed. Antonio Moreno, 745-780. Madrid: Ra-Ma.

Cañada, R. (2006). Técnicas de interpolación geoestadísticas: Kriging ordinario. En *Sistemas y análisis de la información geográfica*, ed. Antonio Moreno, 823-854. Madrid: Ra-Ma.

Cañada, R., Vidal, M.J., Moreno Jiménez, A. (2010). Interpolación espacial y visualización cartográfica para el análisis de la Justicia Ambiental: Ensayo metodológico sobre la contaminación por partículas atmosféricas en Madrid. En *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*, eds. José Ojeda, María Fernanda Pita y Ismael Vallejo, 691-715. Sevilla: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica.

Fuenzalida, M., Miranda, M. Cobs, V. (2014). Modelado geoestadístico de la exposición potencial de la población al contaminante atmosférico MP10 en Chile. *Revista de Geografía Aplicada*. (en prensa).

Isaaks, E., Srivastava, M. (1989). *An Introduction to Applied Geostatistics*. New York, NY: Oxford University Press.

Krajewski, Dr. Stephen A. & Gibbs, Betty L. (1994). *Understanding Contouring: A practical guide to spatial estimation and contouring using a computer and Basics of Using Variograms*. Gibbs Associates, Boulder.

Miranda-Salas, M., Condal, A. (2003). Importancia del análisis estadístico exploratorio en el proceso de interpolación espacial: caso de estudio Reserva Forestal Valdivia. *Bosque* 24 (2): 29-42. Doi: 10.4067/S0717-92002003000200004

Montero, J.M., Larraz, B. (2008). *Introducción a la geoestadística lineal*. La Coruña, España: Netbiblio.

Upton, G., Fingleton, B. (1985). *Spatial data analysis by example, volume 1: Point pattern and quantitative data*. Toronto, Canadá: Wiley.

Webster, R., Oliver, M. (2001). *Geostatistics for environmental scientist*. Toronto, Canadá: Wiley.

POTENCIALIDAD DE LA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO APLICADA CON SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Gustavo D. Buzai

Introducción

La evaluación multicriterio (EMC) es uno de los métodos de mayor importancia en el interior de los procedimientos de análisis espacial. Corresponde al mayor avance producido tomando como base la superposición de mapas en el marco de una Geografía que puede ser definida como ciencia que estudia la diferenciación areal.

Resulta de gran importancia cuando la tecnología SIG es utilizada como herramienta para la toma de decisiones locacionales en el análisis socioespacial y el ordenamiento territorial (Buzai y Baxendale, 2013), por lo tanto cuenta, desde hace dos décadas, con trabajos orientados al estudio de sus posibles resoluciones (Eastman *et al.*, 1993; Barredo Cano, 1994; Hasenack, 1995; Medronho, 1995; Hasenack y Weber, 1998; Malczewski, 1999; Eastman, 2000; Fitz y Braganca de Souza, 2007; Fitz y Hasenack, 2007; Gómez Delgado y Barredo Cano, 2006; Buzai y Baxendale, 2011; Moreno Jiménez *et al.*, 2012).

El presente capítulo presenta los aspectos metodológicos utilizados en diferentes tipos de resoluciones correspondientes a la construcción regional por superposición de capas temáticas a través del método *booleano* simple y avanzar hacia la formación de un espacio de decisiones estratégicas a partir de incorporar estandarizaciones continuas (*fuzzy*) valores de ponderación en las variables consideradas al momento de brindar resultados y buscar soluciones a través de escenarios alternativos. El capítulo avanza presentando la metodología LUCIS (*Land Use Conflict Identification Strategy*) como avance prospectivo para el estudio de la evolución espacial de usos del suelo.

La flexibilidad presentada en la búsqueda de diferentes resultados es un claro ejemplo de una ciencia que apunta a encontrar soluciones en las cuales las valoraciones tenidas en cuenta por los diferentes actores sociales pueden ser incorporadas al proceso metodológico a fin de encontrarse representadas en la resolución. Se presentan procedimientos que pueden estudiar el pasado, el presente y generar configuraciones que permiten la toma de decisiones a futuro.

Decisiones locacionales y SIG

Según Haggett (1977) la mayoría de los problemas en Geografía Humana carecen de una respuesta única, y ésta se encuentra altamente vinculada a lo que el investigador está dispuesto a buscar y a la forma con la cual ordenará los hechos de la realidad.

Son diversas las aplicaciones que intentan buscar orden en las estructuras espaciales y en esta búsqueda la flexibilidad lograda en el manejo de la información resulta ser fundamental. La modelización de comportamientos socioespaciales a partir de la variación en las condiciones de importancia de los factores intervinientes generan resultados alternativos. He aquí la importante utilidad que tienen estas aplicaciones en el marco de las nuevas pautas que brinda la planificación territorial estratégica y la resolución de conflictos sectoriales en diversas escalas.

El punto clave de este proceso es la elección de alternativas. Decidirse por una u otra presenta una tendencia hacia un determinado curso de acción y, en este sentido, la EMC, según Gómez Delgado y Barredo Cano (2006), puede ser considerada como el conjunto de técnicas que apoyan el proceso de toma de decisión dentro de una amplia variedad de posibilidades.

La EMC comienza con la información básica compuesta por variables en formato de *layers* que sirven como *criterios* para llevar adelante los procedimientos de evaluación. Hay dos tipos de *criterios*; aquellos que presentan valores continuos de aptitud en cada variable para asignar el uso del suelo que se intenta ubicar, llamados *factores*, y las capas temáticas que actúan con la finalidad de confinar los resultados en un sector delimitado del área de estudio, llamados *restricciones*.

Mediante la selección de variables, su tratamiento tendiente a la generación de factores y restricciones, y la consideración de diferentes formas de combinación se encamina hacia la búsqueda de resultados. Las formas de vinculación se denominan *reglas de decisión* y su proceso de aplicación *evaluación*.

Cuando se tiene un objetivo único es posible conseguirlo a través de diferentes caminos. Se pueden aplicar procedimientos técnicos *booleanos*, de *combinación lineal ponderada* o de *media ponderada ordenada*, analizados en el presente capítulo como diferentes alternativas de evaluación en el interior de la EMC.

En otras ocasiones se presenta la necesidad de tener que resolver varios objetivos simultáneamente; de esta forma, surgen relaciones complementarias o conflictivas. Las primeras permiten que una misma localización pueda ser útil a uno u otro objetivo, mientras que la segunda considera que una localización debe satisfacer solamente uno de los dos, el método corresponde a los procedimientos denominados como *evaluación multiobjetivo* (EMO).

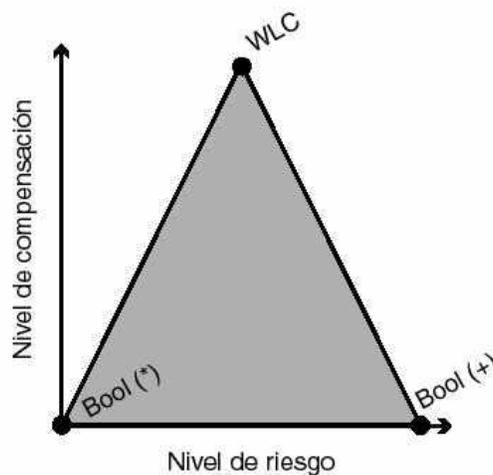
En síntesis, existen diversas alternativas para la aplicación de la tecnología SIG como herramienta para la toma de decisión locacional. Los procedimientos de EMC serán

analizados conceptualmente con el sentido de brindar las bases que permitan la interpretación de los escenarios obtenidos en el momento de la aplicación.

El espacio conceptual de decisiones locacionales

La decisión locacional en Geografía a través de la utilización de SIG se mueve en una zona que puede ser graficada como un *triángulo de decisiones estratégicas* formado por dos ejes ortogonales: "x" como nivel de riesgo en la decisión locacional, e "y" como nivel de compensación a través de los valores de ponderación (importancia) de los factores considerados para la búsqueda del resultado.

Figura 1. Triángulo de decisiones estratégicas



Son variadas las técnicas que permiten mover la decisión locacional en el interior de este triángulo. La aplicación *booleana* lo hace sobre el eje "x" y la WLC (*Weighted Linear Combination*, o en castellano *Combinación lineal ponderada*) lleva la solución al extremo superior donde existe un nivel de riesgo medio y la máxima compensación entre los factores.

De esta manera, el avance metodológico hacia la toma de decisiones de localización espacial se basará en el grado de flexibilidad que se encuentre al momento de poder determinar diferentes posiciones dentro del espacio estratégico en relación de los dos ejes ortogonales. Las metodologías que se aplican dentro de este marco serán analizadas en los puntos siguientes.

Clasificación de decisiones locacionales

La utilización de *layers* en forma de *criterios* como apoyo a la resolución de problemas de localización espacial impone, por un lado, la posibilidad de que la decisión puede basarse en la consideración de uno o varios criterios (unicriterio o multicriterio), y por el otro la capacidad de solucionar uno o varios objetivos simultáneamente

(uniobjetivo o multiobjetivo). En este sentido la clasificación de las decisiones se basa en la combinación de las siguientes cuatro posibilidades:

Cuadro 1. Clasificación de decisiones

	Unicriterio	Multicriterio
Uniobjetivo	Un <i>layer</i>	Varios <i>layers</i> – EMC
Multiobjetivo	Un <i>layer</i>	Varios <i>layers</i> – EMO

Mientras que las problemáticas unicriterio prácticamente se encuentran descartadas debido a su gran simplicidad, el entorno SIG se basa en la resolución de problemáticas multicriterio. Su capacidad permite la consideración de una serie de criterios para la búsqueda de una mejor solución de asignación o de soluciones ante la posibilidad de variadas alternativas en usos del suelo de naturaleza complementaria o conflictivas.

Análisis considerando el nivel de riesgo en la decisión locacional

Una decisión de localización en la cual se minimiza el riesgo de seleccionar un lugar inadecuado se lleva adelante a través de aplicar uno de los procesos de mayor selectividad al momento de utilizar la tecnología SIG, como es el trabajar únicamente con *mapas de restricciones*.

Esto significa que cada uno de los factores (f) utilizados debe quedar estandarizado de acuerdo a la lógica *booleana*, llevando sus valores a números digitales (*DN, digital number*, en castellano *número digital*) en dos categorías: $DN = 0$ (áreas sin aptitud) y $DN = 1$ (áreas con aptitud), de esta manera, cada mapa estará definido únicamente por lo que sea evaluado como sus mejores áreas.

Posteriormente el método trabaja por correspondencias espaciales en los valores de cada uno de los píxeles del área de estudio, como *grupo candidato* a clasificar. Cada uno de los factores *booleanos* cuenta con similar importancia respecto de la problemática total y el uso de procedimientos de superposición temática a través de operaciones matemáticas simples generan los resultados.

Una solución por multiplicación estaría dada por:

$$[1] A = f_1 \times f_2 \times f_3 \times \dots \times f_n = \prod f_x$$

donde A es el resultado que contiene sólo aquellas zonas en las que coincide la mayor aptitud en todos los factores.

Una solución por suma estaría dada por:

$$[2] B = f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n = \sum f_x$$

donde B es un resultado que contiene una variedad de aptitudes continuas. El espacio más favorable adquiere un valor $DN = n$, la segunda área $DN = n - 1$, hasta llegar a las áreas que no tienen aptitud en ninguno de los factores con $DN = n - n = 0$. Esto significa una aptitud escalonada y progresiva en el riesgo de tomar una decisión locacional incorrecta que corre por el eje x de la figura 1.

Una reclasificación de la solución B a un nuevo mapa C , en el cual se buscará una solución *booleana* para aquellas áreas que cuentan con algún tipo de aptitud ampliará la zona geográfica a la extensión de mayor riesgo, ya que con este resultado podría ser seleccionada un área que solamente cuente con un único factor a favor.

En síntesis, la solución A es el resultado de una intersección espacial del tipo *AND* (correspondencia completa) la solución B camina por el eje de soluciones decisionales múltiples entre *AND* y *OR*, mientras que la solución C , en su máxima amplitud se ubica cercano de *OR*. Dentro de la variedad de soluciones posibles, desde el *AND* al *OR* nos dirigimos en un sentido de ampliación del tamaño del área resultante y de la incertidumbre en la decisión final.

Combinación lineal ponderada (estandarización *fuzzy* y ponderación)

Un avance en las opciones del proceso de toma de decisión desde un punto de vista cuantitativo –ubicado entre *AND* y *OR*– se puede obtener a partir de realizar una estandarización continua en las categorías de los factores. Esto sería el paso inicial para la aplicación de la metodología basada en el nivel de compensación a través del uso de valores de ponderación; una combinación de la denominada estandarización *fuzzy* y la evaluación multicriterio (Jiang y Eastman, 2000).

La lógica *fuzzy* es la que permite obtener mapas de aptitud continua para cada factor, en donde cada *píxel* se clasifica en cuanto al nivel que tiene entre los extremos *apto-no apto*. Esta nueva manera de pensar la clasificación de los elementos sobre la superficie terrestre difiere de la forma clásica de las clasificaciones rígidas de la lógica aristotélica (Burrough y McDonnell, 1998), en la cual existe una *ley de identidad* (cada elemento es lo que es), una *ley de la no contradicción* (cada elemento no puede ser otra cosa) y un principio de exclusión de situaciones intermedias.

Si a partir de una entidad geográfica seleccionada se realiza un mapa de distancias la zona de aptitud a partir de la lejanía a esta entidad puede ser de dos formas: (1) un *buffer* de distancia fija en donde la zona interna es apta y la zona externa no es apta, o (2) una aplicación *fuzzy* en donde, con valores de re-escalonamiento, se consideran variaciones en la aptitud.

Con funciones de crecimiento con la distancia, las más usuales son las lineales, exponenciales y sigmoideas, representadas respectivamente por las siguientes ecuaciones:

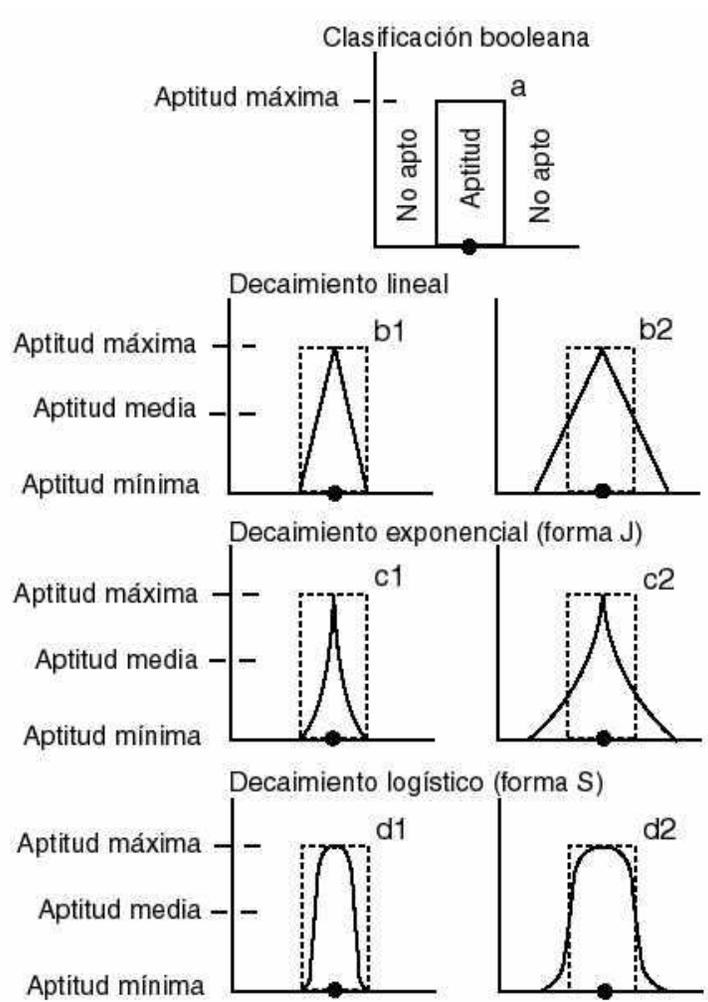
$$[3] \quad y = a + bx$$

[4] $y = a^x$

[5] $y = \frac{k}{1 + 10^{a+bx}}$

Las formas de las variaciones de aptitud por decaimiento por la distancia, considerando un eje x como ubicación espacial y un eje y como nivel de aptitud, estarían dadas por las siguientes formas (en sentido negativo desde el centro hacia los límites exteriores):

Figura 2. Ejemplos de definición *booleana* y *fuzzy*



Como puede observarse los ejemplos presentan un espacio bidimensional desde un punto localizado y posibilidades de medir distancias sobre un eje horizontal. En el caso *booleano* (a) el espacio cercano al punto adquiere similar aptitud (representación

buffer), la máxima dentro de ese espacio y ninguna más allá de sus límites. Existen casos en los que se presenta una aptitud diferente dentro del área establecida (b1, c1, d1) estando la máxima aptitud en el centro y utilizando como límites los mismos del *buffer booleano*, y finalmente, en otros casos se generan límites difusos (b2, c2, d2) a partir de diferentes grados de pertenencia dentro del sistema clasificatorio.

La definición *fuzzy* implica contar con un buen conocimiento acerca del comportamiento de cada variable en cuanto a su alcance espacial, pues este es el que permite elegir la función que mejor lo representa.

Hacia el uso de niveles de compensación

A partir del uso de factores estandarizados a través de la metodología *fuzzy* se cuenta con la posibilidad de utilizarlos como *materia prima* para proporcionarles un valor de ponderación a cada uno de ellos de acuerdo a la importancia relativa que cada factor tiene dentro del conjunto de factores. El método de agregación utilizado para el apoyo a la decisión de la resolución locacional se conoce como WCL.

La técnica para determinar la importancia relativa de los factores puede ser simple como la consideración de un valor de ponderación en base a lo que surja a partir de la teoría o el conocimiento empírico de cada factor en relación con la temática total. Cada uno deberá tener un peso de proporción que sumado presente el valor 1 como resultado, lo que representa una importancia de la temática total en un 100%.

Existe una metodología cuantitativa de gran simplicidad para obtener los valores de ponderación (Malczewski, 1999). A partir de un *ranking* (ordenamiento) se calcula el valor de p para cada uno de los criterios:

$$[6] p_i = \frac{\frac{1}{r_i}}{\sum \frac{1}{r_i}}$$

dónde p_i es el valor de ponderación otorgado a cada mapa y r_i el número de orden en el ranking que se brinda de acuerdo a la importancia establecida.

Los resultados obtenidos respetarán las siguientes condiciones:

$$[7] 0 \leq p_i \leq 1$$

y

$$[8] \sum_{i=1}^n p_i = 1$$

Una vez obtenidos estos valores de ponderación se realiza un test de consistencia, y se obtiene un *valor de consistencia* (vc) que indica la probabilidad de que los valores de ponderación hayan sido obtenidos aleatoriamente ($vc < 0.10$ indican una coherente

asignación de pesos y valores, y $vc > 0.10$ lleva a tener que rever el procedimiento de comparación realizado).

El método de agregación WLC, aplicado a partir de haber obtenido los valores p_i para cada factor indica que cada píxel que representa el espacio geográfico asume un valor de aptitud (A) a partir de la siguiente fórmula:

$$[8] A_i = \sum_{i=1}^n p_i x_i$$

dónde A_i es el valor índice para la unidad espacial i , Σ es sumatoria de los resultados brindados por la totalidad de las capas temáticas, p es la ponderación como proporción de cada factor y x el valor específico de cada clase de cada factor.

Cuando la evaluación incorpora mapas de restricciones (r_j) la fórmula se amplía de la siguiente forma:

$$[9] A_i = \sum_{i=1}^n p_i x_i \Pi r_j$$

En términos de riesgo en la decisión este procedimiento presenta un resultado que se encuentra en el punto medio del continuo *AND-OR* y agrega una nueva dimensión al análisis, el nivel de compensación total entre los factores, ofreciendo mayor flexibilidad que en el caso *booleano* al incorporar importancias relativas y diferentes grados de aptitud.

Los procedimientos detallados de la EMC han sido aplicados en el marco del GIS para la determinación de la búsqueda de sitios candidatos para la localización de industrias de alta tecnología (Buzai, 2004), estaciones de combustible (Valle, 2010), establecimientos educativos (Cacace, 2010, 2012), centros de atención de salud (Buzai, 2012, 2014) y accesibilidad a servicios públicos combinados (Palma Herrera, 2013).

Método LUCIS. Un avance prospectivo de la EMC

Tomando como base la metodología de EMC apoyadas por el uso de SIG, Carr y Zwick (2006, 2007) han propuesto un modelo de resolución estandarizada de interesantes capacidades para la identificación empírica de áreas potenciales de conflicto entre usos del suelo. Un método que hemos aplicado con excelente aptitud para el logro de su objetivo (Buzai y Baxendale, 2007, 2008, 2010).

El modelo propuesto por estos autores ha sido denominado LUCIS (*Land use conflict identification strategy*) el cual contempla la realización de diferentes pasos como camino de resolución hacia la obtención del mapa con las áreas de conflicto.

Los pasos para la aplicación del modelo son los siguientes:

1. *Definición de objetivos:* Se considera que cada localización puede tener tres posibilidades de ocupación en cuanto a usos del suelo, los cuales pueden estar dedicados a actividades urbanas, agrícolas o de conservación. Cada una de estas actividades tiene como meta la maximización de oportunidades en ciertas líneas de desarrollo, por ejemplo, el uso urbano en cuanto a la expansión residencial, el uso agrícola para la expansión del área de cultivos o el uso de conservación para la protección de la biodiversidad.

2. *Creación de la base de datos espacial:* Se realiza generando una serie de capas temáticas (*layers*) por digitalización que contienen información relevante y básica para el logro de cada uno de los tres objetivos señalados. Además de los temas a ser considerados en el análisis, en este punto se deben definir los aspectos técnicos de la creación de bases de datos alfanuméricas y gráficas en el marco de la tecnología SIG, como la extensión del área de estudio, sistema de proyección y unidad mínima de resolución espacial.

3. *Análisis de aptitud:* Se realiza el análisis de cada capa temática del área de estudio determinando la aptitud relativa de las categorías de cada criterio para cada objetivo. Corresponde a la creación de factores para la aplicación de las técnicas de evaluación multicriterio. El método LUCIS considera una estandarización de aptitud continua en números enteros cumpliendo el siguiente rango:

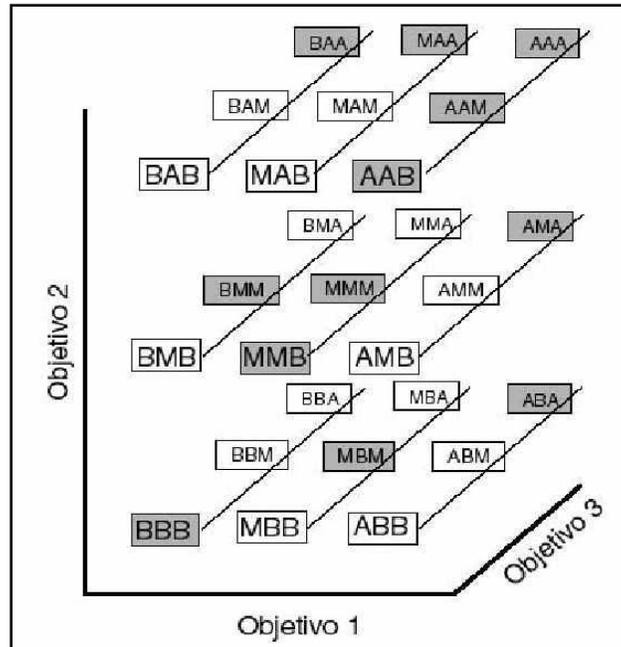
4. *Determinación de preferencias:* Se establece la importancia de cada factor en la resolución del objetivo específico. Para lograr el resultado se apela al conocimiento teórico de la problemática o se utiliza la metodología cuantitativa como la explicada en el punto anterior. El procedimiento corresponde al proceso de toma de decisión mediante procesos de colaboración entre expertos (Jankowski y Nyerges, 2001) y ha sido detallado en Buzai y Baxendale (2011).

5. *Aplicación de la regla de decisión y reclasificación de resultados:* Se corre el procedimiento de combinación lineal ponderada obteniéndose un valor índice sintético para cada localización en base a la definición de factores y los valores de ponderación para cada uno de ellos. El resultado se presenta en tres mapas de aptitud general para usos del suelo urbano, agrícola o de conservación los cuales deben reclasificarse en tres categorías de aptitud: alta, media y baja.

6. *Identificación de áreas potenciales de conflicto:* La combinación de usos conflictivos y no-conflictivos se encuentra en la combinatoria de las tres categorías para cada objetivo a partir de un gráfico de dispersión tridimensional de 27 combinaciones (alto-A, medio-M, bajo-B) por tres mapas de aptitud. Considerando el Objetivo 1, Objetivo 2 y Objetivo 3, los espacios que generan conflicto en la asignación de usos del suelo son los siguientes: BBB, BMM, BAA, MAA, MMB, MBM, MMM, ABA, AMA, AAB, AAM y AAA. El resultado corresponde a la obtención de tres mapas de conflictos para

cada uno de los objetivos considerados y un mapa final con la totalidad de doce combinaciones en categorías de usos del suelo con potencialidad de conflicto.

Figura 3: combinación de objetivos
En gris combinaciones de categorías de aptitud conflictivas



Consideraciones finales

Los resultados obtenidos permiten responder dos líneas de preguntas centrales en los estudios Geográficos. 1. Cómo se producen las asociaciones espaciales entre diferentes distribuciones espaciales de categorías, y 2. Dónde se encuentran los sitios de aptitud locacional en una determinada resolución.

La cartografía de resultado presentará diferentes opciones que apoyarán el proceso de toma de decisiones. Los procedimientos incluirán gran cantidad de información: 1. Distribuciones socioespaciales de diferentes variables, 2. Áreas de correspondencia espacial como base para la determinación de causalidades, 3. Centros de servicios y sus contextos espaciales, 4. Sitios de aptitud locacional, y 5. Localizaciones prospectivas.

Todo resultado correspondiente a los métodos de EMC se presentan como una herramienta de planificación y análisis que lleva a la posibilidad de brindar respuestas locacionales surgidas desde la investigación científica. Los SIG y la EMC en el ámbito del análisis espacial genera un aporte sistémico con utilidad para una Geografía Aplicada.

Bibliografía

Barredo Cano, J.I. (1994). *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio*. Ra-Ma. Madrid.

Burrough, P.; McDonnell, R. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press. Oxford.

Buzai, G.D. (2004). Escenarios alternativos para la localización de industrias de alta tecnología en el Partido de Luján. Una aplicación didáctica de evaluación multicriterio (EMC) con Sistemas de Información Geográfica. *Anuario de la División Geografía 2004*. Departamento de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Luján. pp. 145-166.

Buzai, G.D. (2012). Geografía de los Servicios de Salud apoyada en SIG+EMC. Una síntesis conceptual. *Fronteras*. 11(11):39-43.

Buzai, G.D. (2014). Metodología de evaluación multicriterio en el análisis espacial de la salud. En: Santana Juárez, M.V.; Galindo Mendoza, M.G. (ed.) *Geografía de la Salud, sin fronteras, desde Latinoamérica*. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2007). Áreas de potencial conflicto entre usos del suelo. Identificación mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (Primera parte: descripción metodológica). *Fronteras*. 6(6):45-49.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2008). Áreas de potencial conflicto entre usos del suelo. Identificación mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (Segunda parte: aplicación). *Fronteras*. 7(7):33-39.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2010). Método LUCIS – Land Use Conflict Identification Strategy. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (Bibliografía, Software y Metodología). 2(2):1-4.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Perspectiva científica, temáticas de base raster*. Lugar Editorial. Buenos Aires.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2013). Aportes del análisis geográfico con Sistemas de Información Geográfica como herramienta teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial. *Persona y Sociedad*. 27(2):113-141.

Cacace, G. (2010). Análisis de evaluación multicriterio para la localización de escuelas de Educación Primaria Básica en la ciudad de Luján. En: Buzai, G.D. (ed.) *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Universidad Nacional de Luján. Luján.

Cacace, G. (2012). *Metodología para determinar la localización de nuevas escuelas. Geografía y Sistemas de Información Geográfica como herramientas para la ordenación del territorio*. EAE. Saarbrücken.

Carr, M.H.; Zwick, P. (2006). Using GIS suitability analysis to identify potential future land use conflicts in north central Florida. *Journal of Conservation Planning*. 1(1):89-105.

Carr, M.H.; Zwick, P. (2007). *Smart Land-Use Planning*. ESRI Press. Redlands.

Eastman, J.R. (2000). Decision Strategies in GIS. *Directions Magazine*.

Eastman, J.R.; Kiem, P.A.K.; Toledano, J.; Jin, W. (1993). *GIS and Decision Making*. United Nations Institute for Training and Research. Geneva.

Fitz, P.R.; Braganca de Souza, F.C. (2007). Geracao de criterios para o processo decisório na aplicacao das técnicas de geoprocessamento. *Geosul*. 22(44):95-116.

Fitz, P.; Hasenack, H. (2007). O processo de tomada de decisao e os Sistemas de Informacao Geográfica. En: Buzai, G.D. (ed) *Memorias de la XI Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*. Universidad Nacional de Luján. Luján. pp. 77-94.

Gómez Delgado, M.; Barredo Cano, J.I. (2006). *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Alfaomega, Ra-Ma. México.

Haggett, P. (1977). *El análisis locacional en la Geografía Humana*. Gustavo Gili. Barcelona.

Hasenack, H. (1995). O geoprocessamento no processo de tomada de decisao. *Boletim Gaúcho de Geografia*. 20:185-188.

Hasenack, H.; Weber, E. (1998). Geoprocessamento como herramienta de evaluación. En: Matteucci, S.D.; Buzai, G.D. (eds.) *Sistemas Ambientales Complejos: herramientas de análisis espacial*. EUDEBA. Buenos Aires. pp. 425-434.

Jankowski, P.; Nyerges, T. (2001). GIS-Supported Collaborative Decision Making: Results of an Experiment. *Annals of the Association of American Geographers*. 91(1):48-70.

Jiang, H.; Eastman, R.J. (2000). Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*. 14(2):173-184.

Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriterial decisión analysis*. John Wiley & Sons. New York.

Moreno Jiménez, A.; Buzai, G.D.; Fuenzalida, M. (eds.) (2012). *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y evaluaciones geoambientales*. Ra-Ma. Madrid.

Palma Herrera, J.L. (2013). Sistemas de Información Geográfica (SIG) y metodologías de evaluación multicriterio (EMC) en la búsqueda de escenarios alternativos para el mejoramiento socioespacial de las áreas urbanas populares en la ciudad de Comayagua. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. 5(5):180-193.

Valle, M. (2010). Modelización de la capacidad de acogida territorial para la localización de estaciones de servicio en el Partido de Pilar. En: Buzai, G.D. (ed.) *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Universidad Nacional de Luján. Luján.

PARTE C

APLICACIONES Y DIAGNÓSTICOS DE PROBLEMAS GEOGRÁFICOS

ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS DESIGUALDADES TERRITORIALES

Manuel Fuenzalida Díaz

Introducción

América Latina es la región más desigual del mundo. No sólo en lo que refiere a la medición de la brecha entre ricos y pobres, que para el caso de Chile cifra el ingreso per cápita del 1% más rico 40 veces mayor que el ingreso per cápita del 81% de la población (López *et al*, 2013), sino que existe un consenso entre diferentes actores de la sociedad civil, que de las desigualdades que se producen en el sistema capitalista, una de las más relevantes es la que se da entre territorios.

La Geografía se ha interesado por las desigualdades en el espacio desde antiguo. La distribución espacial de las desigualdades se encuentra condicionada por factores naturales, demográficos, culturales, económicos y sociales, que forman una trama inseparable y que presupone métodos cada vez más complejos para su análisis (Barcellos y Buzai, 2006), los cuales en su mayoría pueden ser implementados en Sistemas de Información Geográfica.

Definir un método de medición de las desigualdades requiere no sólo acumular información adecuada de variables, sino también mostrar inferencias a partir de una distribución conocida. En los estudios regionales, cada unidad espacial tiene un solo valor para representar la distribución de cualquier variable a través de la población total que reside en ella. Este valor puede ser el promedio o la desviación de los valores alrededor del promedio, es decir, la dispersión de los valores individuales, dividido por el número de individuos contenidos en la variable. La base de muchas medidas de desigualdad territorial, analizadas como brechas, se apoya en la estadística y en un modelo de interpretación o premisa. De tal modo, no existe una medida de desigualdad única o mejor, sino que cada método refleja un aspecto de las desigualdades (Fuenzalida, 2012).

Para la elaboración de cartografías que ilustren los distintos niveles de desigualdad es necesario recurrir al mapa temático, el cuál en base a datos cuantitativos provenientes de fuentes estadísticas tiene un propósito específico, como es mostrar la configuración espacial de una región y sus múltiples y heterogéneos contenidos.

En este contexto, uno de los que más se utilizan en geografía humana son los mapas de coropletas (del griego *khore* que evoca el espacio o lugar y *plethos* que expresa

cantidad, número). Representa la distribución espacial de un fenómeno mediante tramas o diferentes tonos de color o de gris en la que la gradación de intensidad expresa diferentes intervalos de un fenómeno en unidades territoriales. Convencionalmente está aceptado que mientras “más cantidad, más oscuro”.

A través de estos mapas se puede reconocer la distribución espacial y las relaciones espaciales (correlaciones e interrelaciones), lo que permite visualizar y en consecuencia conceptualizar los modelos y procesos que operan en el espacio. No obstante, el principal inconveniente de este tipo de mapa es la posibilidad de una mala interpretación del fenómeno investigado en caso de que haya grandes diferencias entre el tamaño de las superficies coloreadas del mapa base, ya que estas diferencias puede llevar a sobreestimar el peso de la superficie mayor.

Las aptitudes de las diferentes representaciones que resultan de la elección de intervalos de clases de una variable cuantitativa, están documentadas en numerosos libros técnicos (vid. por ejemplo, Buzai y Baxendale, 2006). Se desprende de ellos que la comunicación cartográfica persigue a los menos cuatro fines: (1) Facilitar el aprendizaje o estudio, (2) analizar y describir el territorio, (3) difundir información de un fenómeno y (4) ayudar a la toma de decisiones.

Desigualdades territoriales desde la perspectiva teórica

Adaptando lo señalado por Aschan-Leygonie *et al.* (2013), existen diferentes formas epistemológicas de estudiar las desigualdades territoriales. Una de ellas se centra en las desigualdades entre diferentes lugares y los patrones espaciales resultantes, siendo el objetivo identificar las relaciones entre el estado de bienestar/malestar y la estructura espacial de las diferentes características sociales, económicas y ambientales, cuestiones que se pueden aplicar tanto a escala regional como al interior de una ciudad. El segundo enfoque consiste en observar el nivel individual con el fin de evaluar en qué medida las características sociales, económicas y ecológicas de un lugar influyen en el bienestar/malestar de sus residentes. Si los individuos son agrupados por características comunes, como por ejemplo, la estratificación social, se puede indagar la forma en que la desigualdad en algún aspecto del desarrollo que se reproduce al interior de un territorio.

Bajo dicho antecedente surgen diversos estudios que intentan identificar y aislar factores que expliquen desigualdades en tiempo y espacio, o entre individuos, teniendo especial consideración que, la medición de desigualdades es esencial para la implementación y el monitoreo de políticas públicas. Las desigualdades territoriales se entienden, de manera general, como las brechas o las distancias que se establecen entre personas o grupos sociales, definidas a partir del acceso o distribución inequitativa de recursos, bienes o servicios, tanto en el tipo, como en la cantidad/calidad.

Dada esta distribución desigual, resulta pertinente destacar que conceptualmente toda desigualdad no constituye por sí misma una denotación negativa, sino que puede

ser derivada de la diversidad natural o la diferencia humana. El problema surge cuando ésta tiende a la polarización y deja a elementos naturales y/o humanos en condiciones de regresión, retraso o marginación; ello le confiere un carácter negativo e indeseable que precisa corrección. Como bien matizaron Rodríguez y Zoido (2001, p. 115) ciertas diferencias (sociales o territoriales) no tienen connotación negativa alguna, sino a veces todo lo contrario - por lo que deberían ser mantenidas o potenciadas -. En este sentido, el desafío estriba en considerar a la desigualdad como un componente normal de la sociedad moderna, que puede tener un carácter constructivo al convertir las desigualdades en herramientas para erigir sociedades más equitativas (López, 2005).

Aquí es oportuno enunciar algunos costos de la desigualdad, en aquellos territorios que ocupan los lugares más desventajados: menor escolaridad, baja movilidad social, menor esperanza de vida, mayor tasa de delincuencia, sociedad civil poco articulada y débil liderazgo político, que se traduce en barreras a la formación de capital social (Wilkinson y Pickett, 2009).

En términos de la disciplina geográfica, la expresión espacial de la desigualdad es un elemento muy importante de la Geografía del Bienestar. Las cuestiones claves del enfoque de bienestar social (Smith, 1980), de amplia aceptación por parte de investigadores en la Geografía Humana, son *quien consigue qué, dónde y cómo*.

- El quién induce a estudiar la manera pertinente de subdividir en grupos a la población del territorio que se está investigando, sobre la base de características relevantes.
- El qué se refiere a los bienes y males que se disfrutan o soportan.
- El dónde proporciona la perspectiva espacial y se refiere a la identificación y valoración de las distintas variaciones en el bienestar, producto del lugar o lugares en que se encuentren.
- Finalmente, el cómo se refiere a los procesos sociales más amplios, tales como el funcionamiento del sistema político y económico, que influyen en el bienestar humano, dada la forma concreta de quién consigue qué y dónde.

De esta forma, el bienestar social, en tanto que internalización subjetiva de la calidad de vida, puede vincularse con un acceso por parte de la mayoría de la población a siete tipos de recursos considerados esenciales para la vida humana, los cuales pueden ser seguidos a través de indicadores sociales. Como es sabido, éstos son instrumentos analíticos que permiten mejorar el conocimiento de distintos aspectos de la vida social en los cuales se está interesado y de los cambios que están teniendo lugar.

Ejemplos de Indicadores de Desarrollo propuestos por organizaciones internacionales para medir desigualdades espaciales.

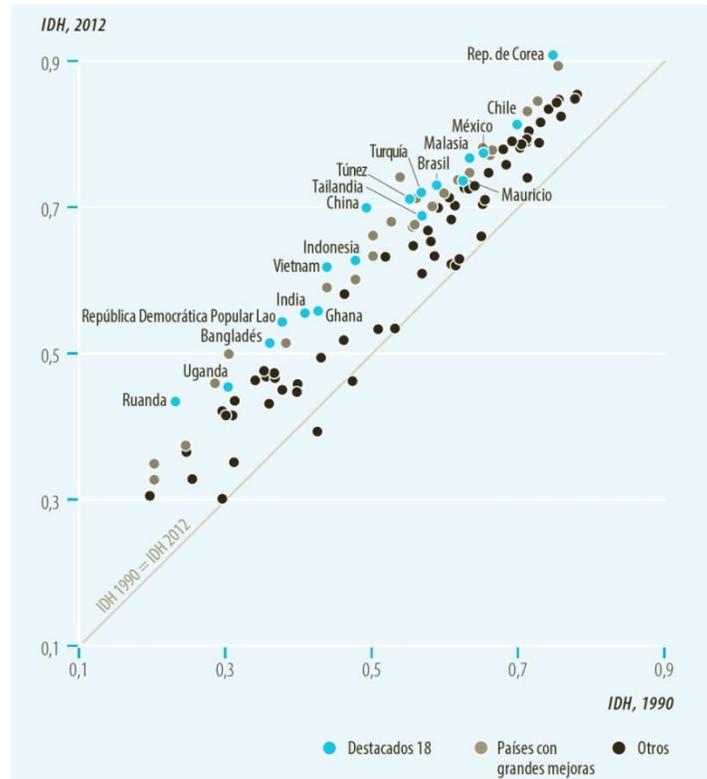
Índice de desarrollo humano

A partir de los estudios impulsados por el PNUD relacionados con el Índice de Desarrollo Humano (IDH), es posible obtener evidencia contundente sobre la existencia de una relación inversa entre desigualdad y el consecuente progreso en desarrollo humano, debido principalmente a desigualdad en las áreas de salud y educación, más que en ingresos. Los países con IDH bajo son los más perjudicados porque suelen presentar una mayor desigualdad en más dimensiones. Los países con IDH bajo pierden un tercio de su IDH debido a la desigualdad, mientras que los países con IDH muy alto pierden solo el 11%. Desde el año 2000, en América Latina se ha reducido la desigualdad en ingresos, aunque su distribución sigue siendo la más desigual de todas las regiones. África Subsahariana registra el mayor grado de desigualdad en cuanto a salud, mientras que Asia Meridional es la región con mayor desigualdad en educación (PNUD, 2013, pp. 29).

En términos temporales, entre 1990 y 2012, prácticamente todos los países mejoraron su estado de desarrollo humano. De 132 países de los que se dispone series de datos completos, solo 2 registraron en 2012 un IDH inferior al de 1990. El progreso fue particularmente rápido en más de 40 países del Sur, cuyas mejoras del IDH fueron notablemente superiores a las previstas para países que tenían un IDH similar en 1990. Esto incluye una gran variedad de países, como Ghana, Ruanda y Uganda en el África Subsahariana; Bangladés e India en Asia Meridional; Túnez, en los Estados Árabes; China, la República Democrática Popular Lao y Vietnam en Asia Oriental y el Pacífico, Brasil, Chile y México en América Latina y el Caribe (ver figura 1). El IDH según método de clasificación de cuartiles, para el año 2013, evidencia que el mayor problema existe en el África Subsahariana y Asia Meridional (ver figura 2).

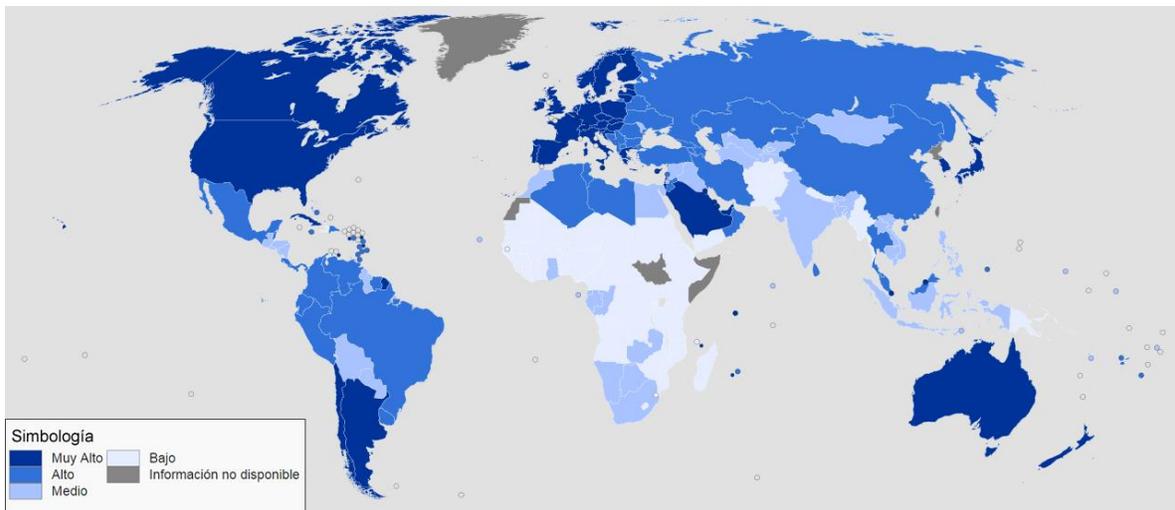
[Nota al lector: Figuras 1 y 2 en página siguiente]

Figura 1: Evolución del IDH entre 1990-2012.



Fuente: Informe sobre Desarrollo Humano (2013).

Figura 2: IDH según método de clasificación de cuartiles, 2013.



Fuente: Informe sobre Desarrollo Humano (2013).

Objetivos de Desarrollo del Milenio

Los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) constituyen un plan convenido por 189 países y todas las instituciones más importantes a nivel mundial. Los objetivos pretenden ayudar a los más pobres del mundo y deberían ser verificados durante este 2015. Existe una batería oficial de indicadores para el seguimiento de los progresos en el cumplimiento de los distintos objetivos y metas, que está vigente desde 2008 (Ver cuadro 1). La evidencia apunta que existen grandes desigualdades territoriales en el logro de las metas OMD (ver figura 3).

Cuadro 1: Objetivos, Metas e Indicadores en el marco de los ODM, 2008.

Objetivos y metas extraídos de la Declaración del Milenio	Indicadores para el seguimiento de los progresos
Objetivo 1: Erradicar la pobreza extrema y el hambre	
Meta 1A: Reducir a la mitad, entre 1990 y 2015, el porcentaje de personas cuyos ingresos sean inferiores a 1 dólar por día.	1.1 Proporción de la población con ingresos inferiores a 1 dólar PPA (paridad del poder adquisitivo) por día. 1.2 Coeficiente de la brecha de pobreza. 1.3 Proporción del consumo nacional que corresponde al quintil más pobre de la población.
Meta 1B: Alcanzar empleo pleno y productivo, y trabajo decente para todos, incluyendo mujeres y jóvenes.	1.4 Tasa de crecimiento del PIB por persona ocupada. 1.5 Tasa de ocupación. 1.6 Proporción de la población ocupada con ingresos inferiores a 1 dólar PPA por día. 1.7 Proporción de la población que trabaja por cuenta propia o como trabajadores familiares auxiliares con respecto al empleo total.
Meta 1C: Reducir a la mitad, entre 1990 y 2015, el porcentaje de personas que padecen hambre.	1.8 Proporción de niños menores de 5 años con peso inferior al normal. 1.9 Proporción de la población por debajo del nivel mínimo de consumo de energía alimentaria.
Objetivo 2: Lograr la enseñanza primaria universal	
Meta 2A: Asegurar que, para el año 2015, los niños y niñas de todo el mundo puedan terminar un ciclo completo de enseñanza primaria.	2.1 Tasa neta de matrícula en educación primaria. 2.2 Proporción de alumnos que comienzan el primer grado y llegan al último grado de educación primaria. 2.3 Tasa de alfabetización de las personas de 15 a 24 años, mujeres y hombres.
Objetivo 3: Promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer	
Meta 3A: Eliminar las desigualdades entre los sexos en la enseñanza primaria y secundaria, preferiblemente para el año 2005, y en todos los niveles de la enseñanza para el año 2015.	3.1 Relación entre niñas y niños en la enseñanza primaria, secundaria y superior. 3.2 Proporción de mujeres en el empleo asalariado del sector no agrícola. 3.3 Proporción de escaños ocupados por mujeres en los parlamentos nacionales.
Objetivo 4: Reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años	
Meta 4A: Reducir en dos terceras partes, entre 1990 y 2015, la mortalidad de los niños menores de 5 años.	4.1 Tasa de mortalidad de niños menores de 5 años. 4.2 Tasa de mortalidad infantil. 4.3 Proporción de niños de 1 año vacunados contra el sarampión.

Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones

Objetivo 5: Mejorar la salud materna	
Meta 5A: Reducir, entre 1990 y 2015, la mortalidad materna en tres cuartas partes.	5.1 Razón de mortalidad materna. 5.2 Proporción de partos con asistencia de personal de salud cualificado.
Meta 5B: Lograr, para el año 2015, el acceso universal a la salud reproductiva.	5.3 Tasa de uso de anticonceptivos. 5.4 Tasa de fecundidad adolescente. 5.5 Cobertura de atención prenatal. 5.6 Necesidades insatisfechas en materia de planificación familiar.
Objetivo 6: Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades	
Meta 6A: Haber detenido y comenzado a reducir, para el año 2015, la propagación del VIH/SIDA.	6.1 Prevalencia del VIH entre las personas de 15 a 24 años. 6.2 Uso de preservativos en la última relación sexual de alto riesgo. 6.3 Proporción de la población de 15 a 24 años que tiene conocimientos amplios y correctos sobre el VIH/SIDA. 6.4 Relación entre la asistencia escolar de niños huérfanos y la de niños no huérfanos de 10 a 14 años.
Meta 6B: Lograr, para el año 2010, el acceso universal al tratamiento del VIH/SIDA de todas las personas que lo necesiten.	6.5 Proporción de la población portadora del VIH con infección avanzada que tiene acceso a medicamentos antirretrovirales.
Meta 6C: Haber detenido y comenzado a reducir, para el año 2015, la incidencia del paludismo y otras enfermedades graves.	6.6 Tasas de incidencia y mortalidad asociadas al paludismo. 6.7 Proporción de niños menores de 5 años que duermen protegidos por mosquiteros impregnados de insecticida. 6.8 Proporción de niños menores de 5 años con fiebre que reciben tratamiento con los medicamentos adecuados contra el paludismo. 6.9 Tasas de incidencia, prevalencia y mortalidad asociadas a la tuberculosis. 6.10 Proporción de casos de tuberculosis detectados y curados con el tratamiento breve bajo observación directa.
Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente	
Meta 7A: Incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales e invertir la pérdida de recursos del medio ambiente.	7.1 Proporción de la superficie cubierta por bosques. 7.2 Emisiones de dióxido de carbono (total, per cápita y por cada dólar PPA del PIB). 7.3 Consumo de sustancias que agotan la capa de ozono.
Meta 7B: Reducir la pérdida de biodiversidad, alcanzando, para el año 2010, una reducción significativa de la tasa de pérdida.	7.4 Proporción de poblaciones de peces que están dentro de límites biológicos seguros. 7.5 Proporción del total de recursos hídricos utilizada. 7.6 Proporción de las áreas terrestres y marinas protegidas. 7.7 Proporción de especies en peligro de extinción.
Meta 7C: Reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento.	7.8 Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable. 7.9 Proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento mejorados.
Meta 7D: Haber mejorado considerablemente, para el año 2020, la vida de por lo menos 100 millones de habitantes de tugurios.	7.10 Proporción de la población urbana que vive en tugurios.

Objetivo 8: Fomentar una alianza mundial para el desarrollo	
Meta 8A a Meta 8D	Posibles 12 indicadores de seguimiento que se aplican por separado para los países menos adelantados, los países africanos, los países en desarrollo sin litoral y los pequeños Estados insulares en desarrollo.
Meta 8E: En cooperación con las empresas farmacéuticas, proporcionar acceso a medicamentos esenciales en los países en desarrollo a precios asequibles.	8.13 Proporción de la población con acceso sostenible a medicamentos esenciales a precios asequibles.
Meta 8F: En colaboración con el sector privado, dar acceso a los beneficios de las nuevas tecnologías, en particular los de las tecnologías de la información y de las comunicaciones.	8.14 Líneas de teléfono fijo por cada 100 habitantes. 8.15 Abonados a teléfonos celulares por cada 100 habitantes. 8.16 Usuarios de Internet por cada 100 habitantes.

Fuente: Naciones Unidas, (2009).

[Nota al lector: Figura 3 en página siguiente]

Figura 3: Avances registrados en el logro de los ODM hasta 2014.

Objetivos y metas	África		Asia				Oceanía	América Latina/ Caribe	Cáucaso/ Asia Central
	Norte	Sub-sahariana	Este	Sureste	Sur	Occidental			
OBJETIVO 1 Erradicar la pobreza extrema y el hambre									
Reducir un 50% la pobreza extrema									
Empleo productivo y decente									
Reducir a la mitad el hambre									
OBJETIVO 2 Garantizar la enseñanza primaria universal									
Escuela primaria universal									
OBJETIVO 3 Promover la igualdad de género y la autonomía de la mujer									
Igualdad de acceso a la educación primaria (niñas)									
Proporción de mujeres con empleos remunerados									
Proporción de mujeres en Parlamentos nacionales									
OBJETIVO 4 Reducir la mortalidad infantil									
Reducir un 60% la mortalidad de los menores de 5 años									
OBJETIVO 5 Mejorar la salud materna									
Reducir un 60% la mortalidad materna									
Acceso universal a la salud reproductiva									
OBJETIVO 6 Combatir el VIH/sida, la malaria y otras enfermedades									
Frenar y empezar a revertir propagación VIH/sida									
Frenar y empezar a revertir propagación tuberculosis									
OBJETIVO 7 Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente									
Reducir un 50% la población sin acceso a agua potable									
Reducir un 50% la población sin acceso a atención sanitaria									
Mejorar la vida de los habitantes de barrios marginales									
OBJETIVO 8 Fomentar una asociación mundial para el desarrollo									
Usuarios de Internet									

- Meta alcanzada o se alcanzará previsiblemente en 2015
- Avances insuficientes para alcanzar la meta si se mantiene la tendencia
- Sin avances o deterioro
- Faltan datos o son insuficientes

Fuente: Naciones Unidas

Fuente: Extraído de <http://www.swissinfo.ch/>

La propuesta de seis dimensiones claves del desarrollo según Rimisp – Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural

En el Informe de Pobreza y Desigualdad (2011), se propone aportar a la discusión desde la perspectiva de la desigualdad territorial. El informe evidencia las existencias de notables brechas territoriales y su impacto sobre las desiguales posibilidades de desarrollo de los territorios. Una de las conclusiones importante que configura el informe es que en América Latina no da lo mismo nacer o vivir en cualquier lugar. El lugar de residencia determina la condición socioeconómica y las posibilidades de acceso a bienes que garanticen el bienestar. Esta regla aplica tanto entre países como al interior de los mismos. Develar las características del territorio es vital, pues parte de la explicación de las brechas que se pueden detectar, responden a capacidades institucionales y sociales desiguales. Para ello, se proponen indagar seis dimensiones claves del desarrollo, siendo estas la salud; educación; dinamismo económico y empleo; ingresos/pobreza; seguridad ciudadana; género. Cada indicador y su definición se pueden ver en el cuadro 2.

Cuadro 2: Indicadores por dimensión de análisis de desigualdad territorial, 2011.

Indicador	Definición
Dimensión Salud	
1.1. Tasa de mortalidad infantil.	Número de defunciones de niños menores de 1 año por cada mil nacidos vivos.
1.2. Tasa de mortalidad materna.	Defunciones que ocurren durante el período de gestación, parto o puerperio (42 días después del parto), por cada cien mil nacidos vivos.
1.3. Malnutrición infantil.	Desnutrición crónica que mide el porcentaje de niños de menos de 5 años de edad que tienen una talla por debajo del rango de normalidad para su edad y sexo.
1.4. Tasa de embarazo adolescente.	Nacimientos por cada mil mujeres de entre 14 a 17 años.
1.5. Acceso a fuentes mejoradas de agua y saneamiento.	Porcentaje de hogares (o personas) con acceso a fuentes mejoradas de agua y saneamiento sobre el total de hogares (o sobre el total de población).
1.6. Promedio de habitantes por médico.	Cantidad de población, dividida por el número de médicos del sistema público de salud.
Dimensión Educación	
2.1. Población analfabeta de 15 y más años de edad.	Número de personas sin habilidades para leer y escribir en el grupo de edad mayor de 15 años, expresado como un porcentaje de la población total mayor de 15 años.
2.2. Tasa neta de matrícula en el primer nivel de enseñanza.	Cantidad de niños en edad que oficialmente corresponde al nivel primario y matriculados en la escuela primaria, como porcentaje del total de niños de dicha edad.
2.3. Tasa neta de matrícula en el segundo nivel de enseñanza.	Cantidad de niños en edad que oficialmente corresponde al nivel secundario y matriculados en la escuela secundaria, como porcentaje del total de niños de dicha edad.
2.4. Indicador de Calidad de la Educación (logro o desempeño académico).	Porcentaje de los alumnos que alcanza el nivel esperado de aprendizaje acorde a su grado (utilizando la evaluación de desempeño o logro académico en el grado y en la asignatura en que exista información disponible en el país).

Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones

Dimensión Dinamismo Económico y Empleo	
3.1. Tasa de nacimiento de empresas.	Número de empresas que nacen en un período de tiempo (por ejemplo un año) como porcentaje del total de empresas activas.
3.2. Población económicamente activa.	Comprende a todas las personas de 15 años o más que trabajaron en la semana de referencia, estuvieron de vacaciones o con licencia de un empleo, o estuvieron buscando activamente un empleo (la cota inferior del tramo de edad puede variar según la legislación del país).
3.3. Tasa neta de participación laboral.	Población económicamente activa como porcentaje de la fuerza de trabajo.
3.4. Tasa de desempleo.	Cantidad de desempleados respecto a la población económicamente activa.
3.5. Empleo en rubros no primarios.	Porcentaje de los ocupados en los rubros no primarios (servicios e industria) como porcentaje del total de ocupados.
Dimensión Ingresos/Pobreza	
4.1. Índice de GINI de ingresos del hogar.	Número entre 0 y 1, en donde 0 corresponde a la perfecta igualdad (todos tienen los mismos ingresos) y 1 corresponde a la perfecta desigualdad (una persona tiene todos los ingresos y los demás ninguno).
4.2. Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI).	Cantidad de personas (u hogares) con al menos una necesidad básica insatisfecha, respecto del total de personas (u hogares).
4.3. Gasto (o ingreso) per cápita del hogar.	Valor monetario de la suma del gasto (o ingreso) del hogar, expresado en términos per cápita mensual.
4.4. Personas en situación de pobreza e indigencia según líneas nacionales.	Porcentaje de la población por debajo de la línea de pobreza y de la línea de indigencia (considerando la definición de dichas líneas utilizada en cada país).
Dimensión Seguridad Ciudadana	
5.1. Tasa de muertes por causas externas.	Número de muertes por causas externas al año por 100 mil habitantes (o número de muertes por causas externas como % del total de muertes).
5.2. Tasa de policías por habitante.	Número de policías por cada 100.000 habitantes.
5.3. Tasa de victimización por hogares (o por individuos).	Porcentaje de hogares (o de individuos) que declaran haber sido víctimas de algún delito en el último año.
Dimensión Igualdad de Género	
6.1. Porcentaje de mujeres electas autoridades locales.	Porcentaje de mujeres electas autoridades locales respecto del total de autoridades locales.
6.2. Brecha hombre-mujer en tasa neta de participación laboral.	Brecha en la población económicamente activa como porcentaje de la fuerza de trabajo, según sexo (corresponde a la brecha hombre-mujer en el indicador 3.3).
6.3. Brecha hombre-mujer en porcentaje de población analfabeta de 15 y más años de edad.	Brecha en el número de personas sin habilidades para leer y escribir en el grupo de edad mayor de 15 años, expresado como un porcentaje de la población total mayor de 15 años (corresponde a la brecha hombre-mujer en el indicador 2.1).
6.4. Brecha hombre-mujer en porcentaje de personas en situación de pobreza e indigencia según líneas nacionales.	Brecha en el porcentaje de la población por debajo de la línea de pobreza y de la línea de indigencia (considerando la definición de dichas líneas utilizada en el país) (corresponde a la brecha hombre-mujer en el indicador 4.4).
6.5. Brecha hombre-mujer en la población sin ingresos propios.	Brecha hombre-mujer en el porcentaje de personas de 15 o más años de edad que no perciben ingresos monetarios individuales y no estudian con respecto al total de la población masculina y femenina, respectivamente, de 15 o más años de edad que no estudian.

Fuente: Rimisp – Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural, (2011).

Propuesta metodológica para valorar brechas territoriales utilizando Análisis Exploratorio de Datos Espaciales.

Para detectar brechas territoriales en algún aspecto del desarrollo, se sugiere el uso de un protocolo metodológico que consta de cuatro pasos concatenados. Dado que el objetivo es que éste pueda ser replicado por diferentes organizaciones (gubernamentales y de la sociedad civil), se han evaluado las capacidades de distintos software libre/gratuito. Priorizando razones de disponibilidad de manuales y ejemplos en lengua española, para entrenamiento de usuarios noveles, se han seleccionado GeoDA (<https://geodacenter.asu.edu>) y QGIS (<http://www.qgis.org>).

El Paso 1, corresponde al cálculo de medidas de centralidad y dispersión espacial. El complemento a utilizar en QGIS corresponde a menú *Vectorial > Statist*.

Se calculan automáticamente los siguientes estadísticos:

A.- Medidas de Centralidad:

a) *Mean value* (Promedio). También llamada media aritmética, corresponde a la suma de las medidas (*Sum*) dividida por la cantidad de mediciones (*Count*). Es el cálculo más utilizado para sintetizar la información correspondiente a un conjunto de mediciones para una variable.

b) *Median value* (Mediana). Es un valor de la variable que tiene la propiedad de dejar por arriba y por debajo la misma cantidad de mediciones (la misma cantidad de unidades espaciales). Si *Count* es impar se utiliza el valor que está exactamente en medio de la serie. Si *Count* es par se debe sacar el promedio entre los dos valores centrales.

B.- Medidas de Dispersión:

c) *Range* (Rango). Es el intervalo entre el valor máximo (*Máximun value*) y el valor mínimo (*Minimun value*); por ello, comparte unidades con los datos. Permite obtener una idea de la dispersión de los datos, cuanto mayor es el rango, más dispersos están los datos de un conjunto.

d) *Standard deviation* (Desviación estándar). Esta es una unidad de medida absoluta de dispersión que utiliza todas las observaciones de la variable atribuyéndole la misma importancia a cada una de ellas (con independencia del tamaño de cada unidad de análisis). A mayor desviación típica mayor desigualdad. Mayor “variabilidad” de la variable.

e) *Coefficient of Variation* (Coeficiente de Variación). Es una medida relativa de dispersión y, por tanto, no sujeta a los problemas de unidad de medida. En este caso se relativiza por la media de la variable para contextualizar las desigualdades según los niveles medios de cada año. A mayor coeficiente de variación mayor desigualdad.

Para responder a la pregunta de hasta qué valor de coeficiente de variación se puede considerar una distribución como suficientemente concentrada o dispersa, aplicaremos el siguiente criterio (Fuenzalida y Moreno, 2009):

Situación 1: Si no excede una cuarta parte se considerará pequeña, es decir, de notable homogeneidad territorial.

Situación 2: Entre un cuarto y la mitad se considerará dispersión grande.

Situación 3: Si excede la mitad será considerada como dispersión excesiva, esto es, indeseable desigualdad territorial.

El paso 2 atañe al uso del Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) para conocer el comportamiento de las variables. Se utiliza el software GeoDA >Menú *Explore*. En AEDE el mapa está integrado en el esquema general de análisis, junto con el resto de gráficos dinámicos. De las múltiples opciones disponibles, se utilizará el histograma de frecuencias (*Histogram*), donde la altura de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. También, se recurrirá al diagrama de caja (*Box-Plot*), que es un método de representación basado en el cálculo de los cuartiles y la mediana de una variable, así como la obtención de las llamadas cotas o valores adyacentes superior e inferior y valores atípicos por encima o debajo de dichas cotas. Finalmente, se empleará el gráfico de coordenadas paralelas (*Parallel Coordinate Plot*), para realizar un análisis multivariante o multidimensional. Los valores de las variables se representan en ejes horizontales paralelos, desde los inferiores (a la izquierda del eje) a los superiores (a la derecha). La Principal utilidad de este gráfico consiste en la identificación de agrupamientos de valores en ciertas observaciones que pueden ser también de naturaleza espacial.

El paso 3, interesa el cálculo de medidas de desigualdad espacial como:

a) Cálculo de Quintiles (Qx). Permite separar a los territorios en grupos en cinco grupos. El quintil 1 (Q1) corresponde al 20% inferior de la distribución de datos, mientras que el quintil 5 (Q5) agrupa al 20% superior. Dado que los indicadores de desarrollo pueden reflejar en el valor máximo una situación de costo o beneficio, si se desea utilizar un set de indicadores en un análisis multivariante, se recomienda estandarizar las variables según la siguiente fórmula (Fuenzalida y Cobs, 2013):

$$EV_i = \frac{x_i - m}{M - m}$$

Dónde:

EV_i = Estandarización de la variable i

X_i = Valor del indicador analizado para la unidad espacial

M = Valor más negativo. De acuerdo al indicador estudiado, puede ser el valor más alto o más bajo

m = Valor más positivo. De acuerdo al indicador estudiado, puede ser el valor más alto o más bajo

Los valores resultantes oscilan entre 0 y 1, los cuales mientras más cercanos a 0 sean: más favorable y, en el sentido inverso, mientras más cercanos a 1: más desfavorable.

Por ende, al utilizar análisis de quintiles, Q1 serán los territorios más favorables y Q5 más desfavorables.

b) Construcción de Rango absoluto (Rango Q5-Q1). Tiene en cuenta los quintiles extremos del indicador de desarrollo. A mayor valor del rango mayor grado de desigualdad.

c) Rango relativo (Razón Máx/Min). Corresponde a la distancia entre la observación más pequeña y la más grande. No se recomienda utilizar cuando las observaciones no están distribuidas de forma uniforme. El grado de desigualdad se interpreta de igual forma que para el rango absoluto.

El paso 4, concierne a la construcción de cartografía temática para representar la distribución espacial de los datos. De los métodos de clasificación de información SIG, se utilizarán mapas de cuantiles, con 5 intervalos, razón por la cual el análisis de resultados se referirá a quintiles (Q_x). En este método cada clase del mapa tiene la misma cantidad de unidades espaciales.

Ejemplo aplicado a indicadores de determinantes sociales de la salud

Para realizar el análisis se utilizan ocho indicadores provenientes de la última encuesta de caracterización socioeconómica chilena (CASEN) con autorepresentación espacial, la cual corresponde al año 2009. La agrupación de estos en la dimensión determinantes estructurales o determinantes estructurales intermedios, la interpretación del valor máximo y la abreviatura en la BBDD alfanumérica se puede ver en el cuadro 3.

Cuadro 3: Indicadores de Determinantes Sociales de la Salud (DSS).

Indicador	n	Nombre	V. Max	Abreviatura
Determinantes Estructurales	1	Porcentaje de pobreza total	Costo	POBRE_TO
	2	Coeficiente de Gini según el promedio de ingreso autónomo	Costo	GINI
	3	Tasa de desocupación	Costo	DESOCUPA
	4	Promedio de años de escolaridad de las personas de 25 años y más	Beneficio	ESC_25M
Determinantes Intermedios	1	Porcentaje de hogares totales con indicador de saneamiento deficitario	Costo	SAN_DEF
	2	Porcentaje personas de 15 a 64 sin cotización legal para pensión y salud	Costo	ACT_NCOT
	3	Porcentaje total de personas que declara haber tenido un problema de salud, enfermedad o accidente en el último mes	Costo	PROB_S
	4	Porcentaje total de personas que declara haber tenido un problema de salud, enfermedad o accidente en el último mes y que no recibió atención	Costo	PROB_SNA

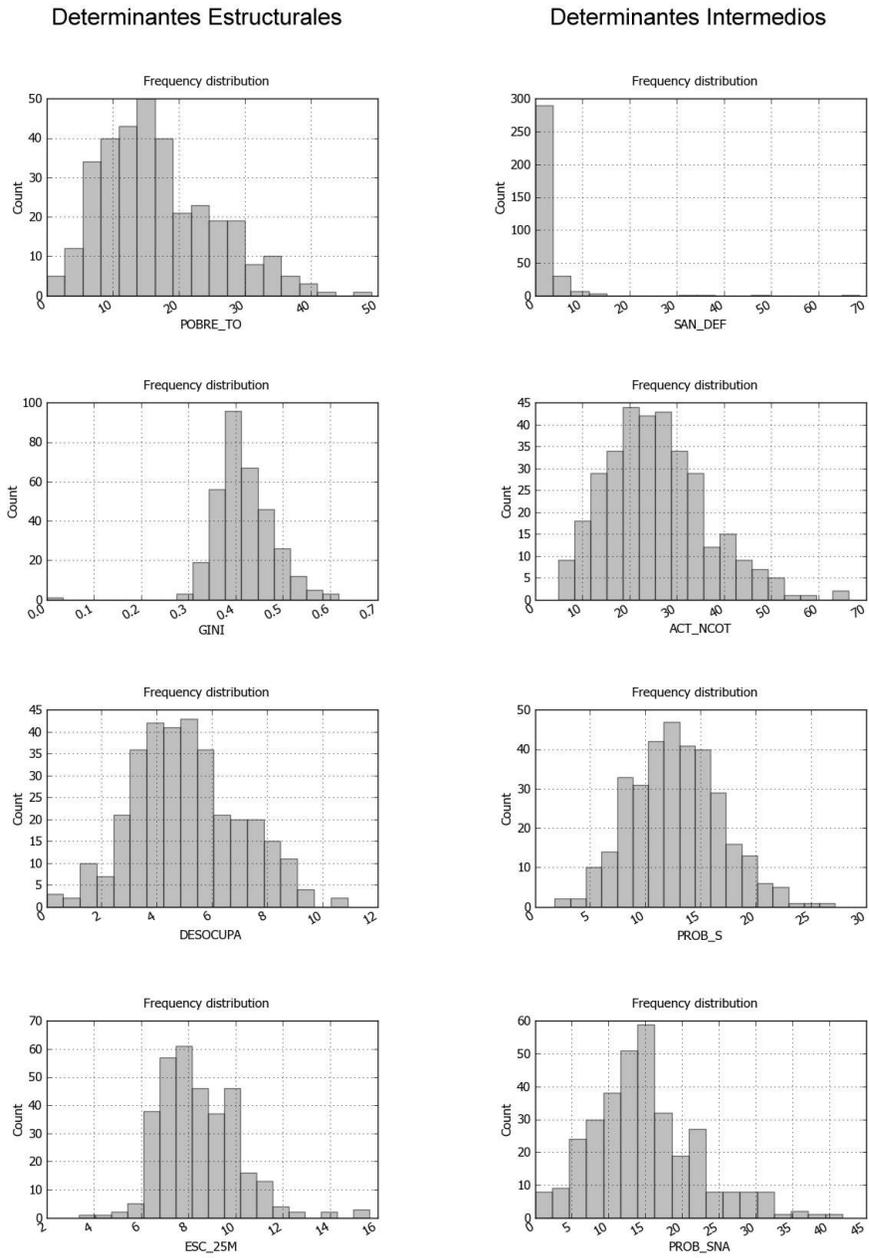
Fuente: Datos: CASEN 2009. Agrupación: Elaboración propia.

A partir de la aceptación de la importancia del medio en el que está inserto cotidianamente el individuo en términos de las repercusiones en su salud y su expresión desigual en el territorio, es preciso lograr cuantificar dichas desigualdades, las cuales se expresan como desventajas a la hora de acceder a oportunidades para alcanzar el máximo nivel de salud de la población. En consecuencia a lo planteado, es posible dilucidar grados de vulnerabilidad, observables y comparables entre las distintas unidades territoriales sub-nacionales de administración local, que componen la República de Chile.

Para el AEDE (pasos 1 y 2 del protocolo metodológico), los estadísticos de posición (promedio -prom- y mediana -med-) y dispersión (rango -Rg-, desviación estándar -SD- y coeficiente de variación -CV-) de las variables se pueden observar en el cuadro 4. El histograma de variables en la figura 4. El diagrama de caja de variables en la figura 5. El gráfico de coordenadas para las variables determinantes estructurales en la figura 6. Finalmente, el gráfico de coordenadas correspondiente a las determinantes intermedios, en la figura 7.

[Nota al lector: Figura 4 en página siguiente]

Figura 4. Histograma de variables.



Fuente: Elaboración propia.

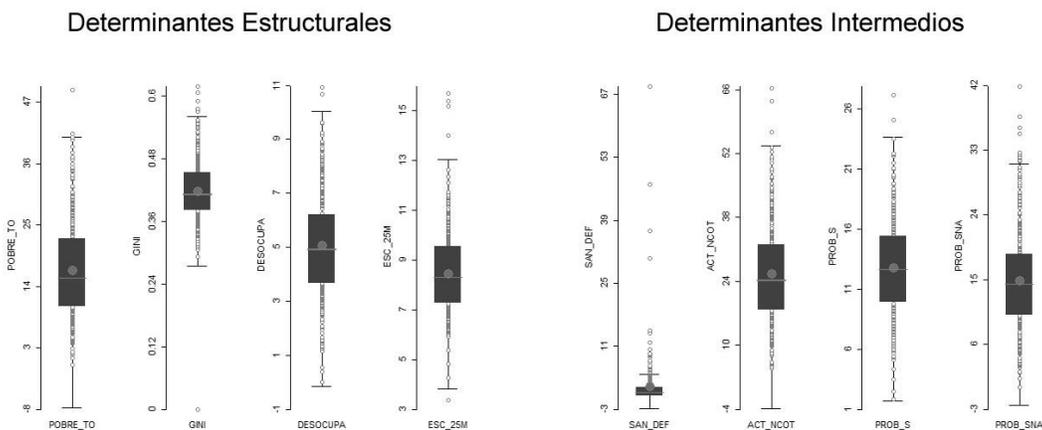
Cuadro 4: Medidas de centralidad y de dispersión espacial de los indicadores de DSS.

Determinantes estructurales					
Indicador	Rg	Prom	Med	SD	CV
POBRE_TO	49,1	18,9	15,4	8,7	0,51
GINI	0,62	0,42	0,41	0,06	0,15
DESOCUPA	10,91	5,1	4,9	1,9	0,39
ESC_25M	12,3	8,4	8,3	1,7	0,2

Determinantes intermedios					
Indicador	Rg	Prom	Med	SD	CV
SAN_DEF	68,6	2	0,6	5,6	2,8
ACT_NCOT	61,5	27,7	24,2	10,7	0,42
PROB_S	25,4	12,8	12,6	4,1	0,32
PROB_SNA	41,8	14,9	14,3	7,2	0,49

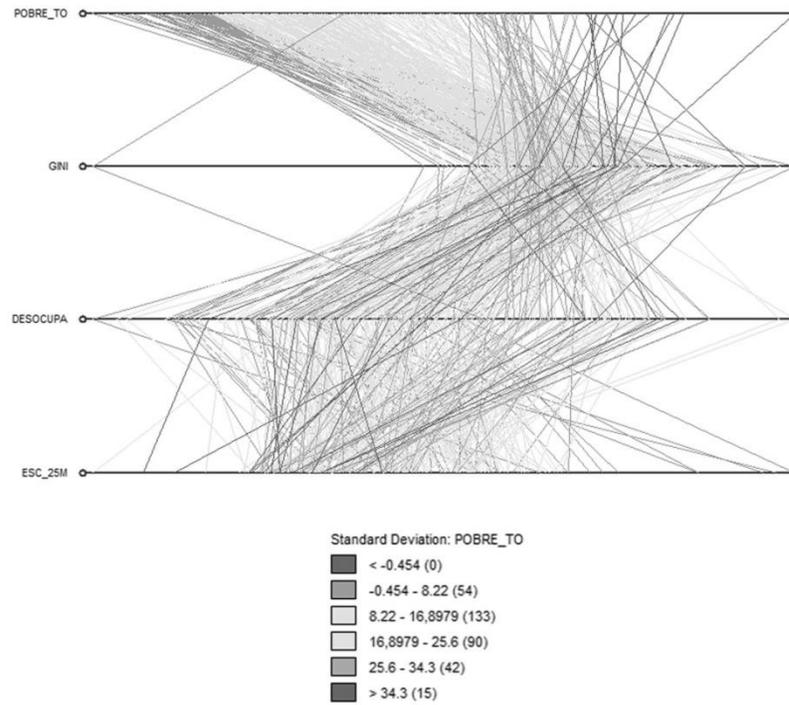
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Diagrama de caja de variables.



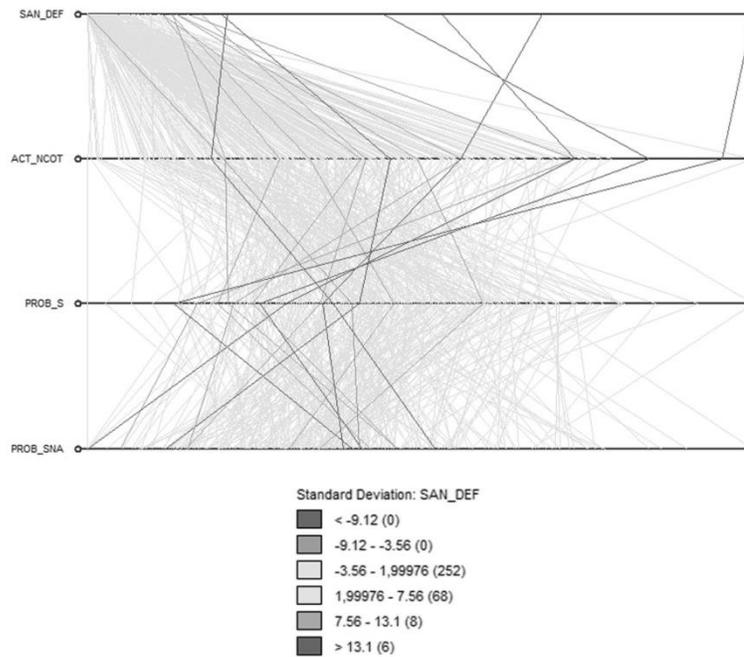
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Gráfico de coordenadas, determinantes estructurales.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Gráfico de coordenadas, determinantes intermedios.



Fuente: Elaboración propia.

A modo de ejemplo de análisis, nos referiremos al indicador promedio de años de escolaridad de las personas de 25 años y más [ESC_25M]. Éste presenta valores promedio en torno a 8,4 años con un Rg de 12,3. El CV (ver cuadro 4), nos informa que patrón de distribución territorial del capital humano se presenta de forma homogénea. Contemplando el histograma (ver figura 4) y rescatando el estadístico de SD (ver cuadro 4), podemos detectar que los peores casos se encuentran bajo 6 años y los mejores caso sobre 12 años. El diagrama de caja (ver figura 5) nos informa de la existencia de 1 valor atípico bajo 4 años (General Lagos con 3,4), siendo el territorio más vulnerable y 5 valores atípicos sobre 13 años de educación (La Reina -14-, Nuñoa -14-, Providencia -15,1-, Vitacura -15.4- y Las Condes -15,7-). Este grupo de comunas tienen las mejores condiciones.

En cuanto al Porcentaje de asalariados sin contrato firmado [ASA_SCON] presenta valores promedio en torno al 27,7% con un Rg amplio 61,5. El CV (ver cuadro 4), nos informa que patrón de distribución territorial de la desigualdad en la seguridad laboral se presenta de forma heterogénea. Contemplando el histograma (ver figura 4) y rescatando el estadístico de SD (ver cuadro 4), podemos detectar que los peores casos se encuentran sobre un 40%. El diagrama de caja (ver figura 5) nos informa de la existencia de 3 valores atípicos que superan el 56% siendo estos las comunas de Camarones (56,8) y General Lagos (63,6) en la región fronteriza con Perú y San Juan de La Costa (66,4) en el sur de Chile.

Si observamos el gráfico de coordenadas paralelas para el conjunto de variables estructurales (ver figura 6), se puede deducir que la pobreza de un territorio no influye en la desigualdad de ingresos, sin embargo está fuertemente condicionada por mayores niveles de desempleo y baja escolaridad del capital humano residente en los territorios.

Si observamos el gráfico de coordenadas paralelas para el conjunto de variables intermedias (ver figura 7), se puede deducir que la falta de seguridad laboral influye o condiciona la falta de acceso a saneamiento en el hogar y la presencia de problemas de salud y niveles de insatisfacción asociada en la población residente en los territorios.

Valorando la desigualdad territorial según los parámetros descritos en el paso 3 del protocolo metodológico, en términos de determinantes estructurales (ver cuadro 5), se observa en un primer lugar que el porcentaje de pobreza total [POBRE_TO] presenta una variación de 20 puntos porcentuales entre el quintil más desfavorecido (Q5) y el quintil más favorecido (Q1), lo cual equivale a 3,40 veces el grado de desigualdad existente. En cuanto al coeficiente de Gini según el promedio de ingreso autónomo [GINI], presenta un rango de variación pequeño entre el Q5 y Q1, sin embargo, el quintil más desfavorecido corresponde a 1,18 veces el grado de desigualdad existente. Respecto a la variable de Tasa de desocupación [DESOCUPA], presenta un rango de variación de 3,10 puntos entre el quintil 5 y el quintil 1, con un rango de variación de 1,85 veces el grado de desigualdad representado. En referencia al promedio de años de escolaridad de las personas de 25 años y más [ESC_25M], se establece que el rango de variación presentado responde a -2,0 años entre el quintil

más desfavorable (Q5) y el más favorable (Q1), destacando que es la única variable con valor positivo (Beneficio) del *pool* de Determinantes Estructurales e Intermediarias. Su rango de variación relativo responde a 0,79 veces el grado de desigualdad existente.

Cuadro 5: Valores promedio por Quintil. Determinantes Estructurales.

Indicador	1	2	3	4	5	Total general	Rango de Variación	Rang. Varia. Relativo
POBRE_TO	8,3	13,0	14,9	20,0	28,3	16,9	20,0	3,40
GINI	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,42	0,07	1,18
DESOCUPA	3,6	4,6	5,0	5,4	6,7	5,0	3,1	1,85
ESC_25M	9,6	8,7	8,5	7,8	7,5	8,4	-2,0	0,79

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, los valores promedios de los determinantes intermedios han resultado como sigue (ver Cuadro 3). El Porcentaje de hogares totales con indicador de saneamiento deficitario [SAN_DEF] presenta una variación de 3,1 punto porcentuales entre el quintil que representa mayor desfavorecimiento (Q5) y aquél que representa menor desfavorecimiento (Q1), lo que corresponde a un 3,79 veces el grado de desigualdad existente. La variable Porcentaje de personas de 15 a 64 años con condición de actividad activa que no cotiza [ACT_NCOT], presenta una importante variación entre el quinto quintil y el primero de 18,2 puntos porcentuales, que significa 2,02 veces el grado de desigualdad asumido por el quintil más desfavorable.

La variable de Porcentaje total de personas que declara haber tenido un problema de salud, enfermedad o accidente en el último mes [PROB_S], exhibe una variación de 6,1 puntos porcentuales entre Q5 y Q1, lo que equivale a 1,66 veces el grado de desigualdad existente. Finalmente, la variable Porcentaje total de personas que declara haber tenido un problema de salud, enfermedad o accidente en el último mes y que no recibió atención [PROB_SNA], presenta 10,4 puntos porcentuales de variación entre el quintil más desfavorable y el más favorable, lo que se traduce en 2,03 veces el grado de desigualdad observado.

[Nota al lector: Cuadro 6 en página siguiente]

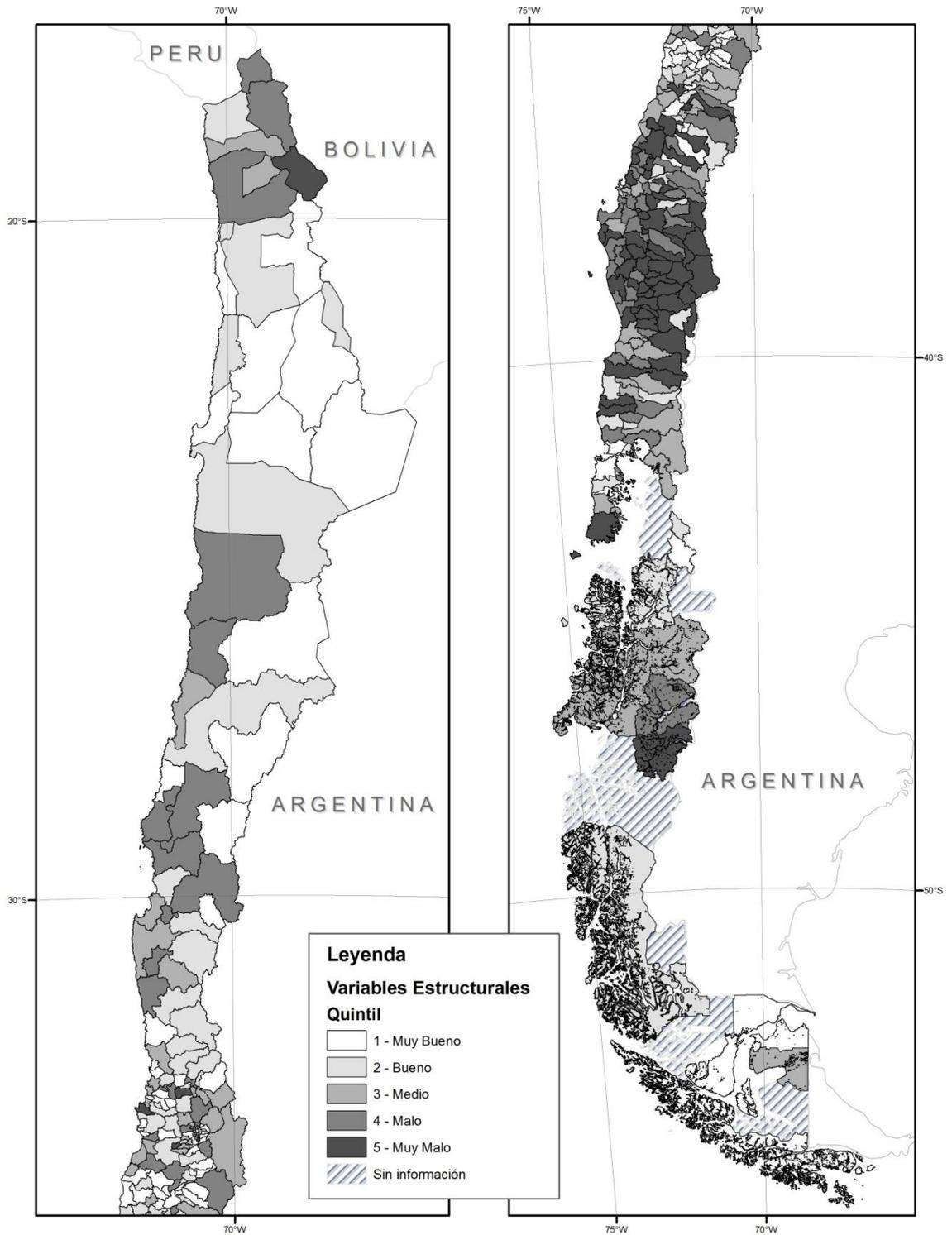
Cuadro 6: Valores promedio por Quintil. Determinantes Intermedios.

Indicador	1	2	3	4	5	Total general	Rango de Variación	Rang. Varia. Relativo
SAN_DEF	1,1	1,2	1,8	1,7	4,2	2,0	3,1	3,79
ACT_NCOT	17,8	21,9	25,3	27,8	36,0	25,7	18,2	2,02
PROB_S	9,2	11,6	13,1	14,8	15,3	12,8	6,1	1,66
PROB_SNA	10,1	13,0	13,9	16,9	20,5	14,9	10,4	2,03

Fuente: Elaboración propia.

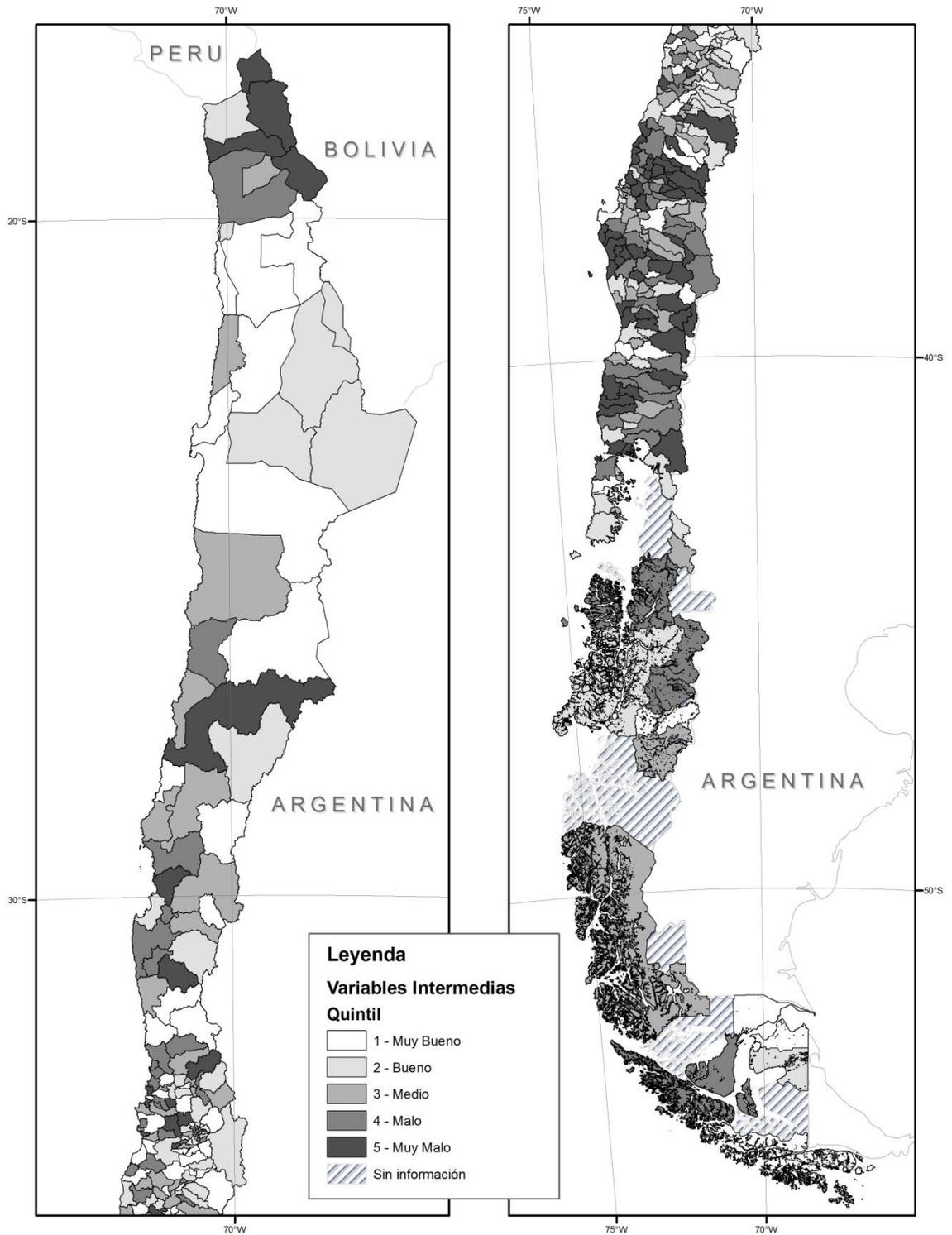
[Nota al lector: Figura 8 en página siguiente]

Figura 8. Distribución espacial de las variables estructurales que inciden en los DSS.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Distribución espacial de las variables intermedias que inciden en los DSS.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para el paso 4 del protocolo metodológico, la distribución espacial de las variables estructurales que inciden en los determinantes sociales de la salud, presenta un conglomerado de los valores del quintil más desfavorable que va, principalmente, desde la Región del Maule hasta la Región de Los Ríos, con una fuerte concentración alojada en la Región de La Araucanía (ver Figura 8).

En cuanto a la distribución espacial de las variables intermedias que inciden en los determinantes sociales de la salud, destaca el hecho que presentan una concentración del quinto quintil similar a la observada en el caso de las determinantes estructurales. En este caso, las unidades administrativas más desfavorecidas se alojan principalmente en las regiones del Maule (suroeste), BíoBío, La Araucanía, Los Ríos (este) y norte de Los Lagos.

A pesar de la similitud establecida, destaca la presencia de una mayor mixtura en la composición de esa agrupación de desfavorecimiento acompañada de una mayor extensión territorial. De igual forma, se observa un conglomerado importante en la Región de Arica y Parinacota y el noreste de la Región de Tarapacá, territorios limítrofes, tanto regionales como nacionales (ver Figura 9).

Balance

El Análisis Exploratorio de Datos Espaciales, se presenta como una herramienta de gran relevancia en el ámbito de las políticas públicas y sociales, para dilucidar diferentes escenarios de desigualdad presente en los diferentes territorios, las cuales reflejan el contexto en que las personas enfrentan su cotidianidad y con ello, la posibilidad de alcanzar de mejor o peor forma las oportunidades que brinda el desarrollo.

Una de las cuestiones vitales a entender es que determinados niveles de desigualdad producen heterogeneidad territorial, y por lo tanto, hay que tener especial preocupación al momento de definir estrategias diferenciadas que respondan a las mayores debilidades/vulnerabilidades de cada uno de los territorios en análisis.

El territorio, compuesto por los contextos de los lugares estructurados esencialmente por personas, son parte de un ciclo dinámico de (des)favorecimiento y acceso. El contexto de lugar evoluciona, o se reproduce, a partir de las desigualdades en la capacidad de acceso al apoyo social, servicios básicos, educación, la calidad medioambiental, entre otras, a través del espacio y en el transcurso de la vida.

Es por ello que el observatorio permanente de indicadores de desarrollo territorial bien reconocidos constituye una labor obligada para evaluar “ex post” los logros y resultados de la acción de agentes públicos y privados, de cara a ejercer la crítica y reorientación de ella. En Latinoamérica, el asunto constituye una prioridad social inequívoca y, por ende, demandante de investigaciones. A tal fin, el recurso a un conjunto de instrumentos estadísticos y cartográficos, sencillos pero efectivos, hace

posible operacionalizar eficazmente el seguimiento diacrónico de las desigualdades en el desarrollo y alcanzar conclusiones fáciles de valorar, tal como el protocolo metodológico propuesto en este capítulo.

Bibliografía

Aschan-Leygonie, C., Baudet-Michel, S., Mathian, H., Sanders, L. (2013). Gaining a better understanding of respiratory health inequalities among cities: An ecological case study on elderly males in the larger French cities, en: *Int J Health Geogr*, 12:19.

Barcellos, C. y Buzai, G. (2006). La dimensión espacial de las desigualdades sociales en salud. Aspectos de su evolución conceptual y metodológica. *Anuario de la División Geografía de la Universidad Nacional de Luján*. Luján. pp. 275-292

Buzai, G. y Baxendale, C. (2006). *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica*. Buenos Aires, Lugar Editorial.

Fuenzalida, M. (2012). Evaluación de desigualdades espaciales y cambios temporales en el desarrollo regional. En Moreno, A., Buzai, G. y Fuenzalida, M. (Eds): *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales*. Madrid, Editorial RA-MA.

Fuenzalida, M. y Cobs, V. (2013). La perspectiva del análisis espacial en la herramienta SIG: una revisión desde la geografía hacia las ciencias sociales. *Revista Persona y Sociedad*, Vol. XXVII, Nº 3, pp. 37-56.

Fuenzalida, M. y Moreno, A. (2009). Desigualdades intra-regionales en el desarrollo de la región de Valparaíso, Chile: una propuesta de análisis espacio-temporal. *GeoFocus*, Nº 9, pp. 1-17.

Naciones Unidas (2009). *Objetivos de desarrollo del Milenio. Informe 2009*. Nueva York, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas.

López, O. (2005). Desigualdad, pobreza, inequidad y exclusión. Diferencias conceptuales e implicaciones para las políticas públicas. *Universidad Autónoma Metropolitana de México*, México.

López, R., Figueroa, E. y Gutiérrez, P. (2013). La 'parte del león': nuevas estimaciones de la participación de los súper ricos en el ingreso de Chile. *Serie "Documentos de Trabajo"*, núm. 32, Departamento de Economía, Universidad de Chile.

PNUD (2013). *Informe sobre Desarrollo Humano 2013. El ascenso del Sur: Progreso humano en un mundo diverso*. Nueva York, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Rimisp – Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural (2011). *Pobreza y desigualdad. Informe latinoamericano 2011*. Santiago de Chile, Rimisp

Rodríguez, F. y Zoido, F. (2001). Desarrollo territorial y evaluación de la diversidad y desigualdad intrarregional. Una aproximación desde Andalucía. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 32, pp. 113-125.

Smith, D. (1980). *Geografía humana*. Barcelona, Oikos-tau.

Wilkinson, R. y Pickett, K. (2009). *Desigualdad: Un análisis de la infelicidad colectiva*. Madrid, Turner Publicaciones.

ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS INJUSTICIAS AMBIENTALES: PANORÁMICA, OPORTUNIDADES Y APLICACIONES¹

Antonio Moreno Jiménez

Introducción

La idea de justicia ambiental (JA) está alcanzando una relevancia creciente en los últimos años por varias causas entre las cuales habría que destacar la preocupación general sobre el medio ambiente y la conciencia sobre los problemas que causa su degradación en la vida de las personas que van desde incómodas molestias a peligros y catástrofes severas. Ello ha ido vinculado a movimientos sociales, conflictos socio-políticos y judiciales, desarrollo incipiente de normativas, etc. La comunidad científica está respondiendo al reto a través del impulso de investigaciones que aportan conocimiento teórico, metodológico y empírico (estudios de casos) orientados a diagnosticar y dimensionar ese tipo de injusticias, como preámbulo de intervenciones políticas ulteriores.

La riqueza y complejidad de este concepto se ha tratado en un cierto número de obras teóricas, habiendo quedado de manifiesto que la JA conlleva implicaciones y significados plurales, tal como se indicaba en el documento seminal de 1991 de la *First National People of Color Environmental Leadership Summit*, pudiendo ser entendida como un movimiento social y el consiguiente derecho a reclamar, o como justicia distributiva, procedimental, correctiva, social, geográfica o política (véanse Bullard, 1996 y Kuehn, 2000). Aunque la perspectiva sobre la JA ha evolucionado y se ha ampliado (Walker, 2012, 2) uno de sus componentes más conspicuos y reiterados concierne a la "injusta y desproporcionadamente alta exposición de los pobres y las minorías y poblaciones marginadas a productos químicos tóxicos, aire y agua contaminados, lugares de trabajo peligrosos y otros riesgos ambientales" (Landrigan *et al.* 2010, 178).

El examen de las desigualdades e injusticias ambientales (IA) está en el foco del debate y ello ha originado valiosas contribuciones buscando establecer y clarificar la existencia y gravedad de las mismas, y fundamentar la intervención de los poderes públicos para solventar esos problemas y conflictos, los cuales resultan harto complejos pues suelen involucrar a factores y elementos del medio físico-ambiental, organizaciones sociales, empresas y actores políticos y territorios.

¹ Este capítulo se ha elaborado en el marco del proyecto de investigación "Polución del aire, poblaciones vulnerables y salud: análisis de injusticias ambientales basados en geotecnologías", CSO2014-55535-R, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España.

Un somero examen de las aproximaciones y planteamientos adoptados en los estudios sobre IA permite constatar diferencias palpables. Se puede así identificar un enfoque centrado en los conflictos, en el que se prioriza la consideración de los problemas de IA como un proceso de confrontación socio-político entre los grupos y actores intervinientes en zonas concretas. En él la atención ha solido recaer en la determinación de los lugares y agentes involucrados (causantes y afectados), la caracterización de las actividades generadoras de impactos “ambientalmente” injustos, las acciones, dinámicas y efectos desencadenados (particularmente de índole socio-política) , los mecanismos y tácticas adoptados (incluidas la acción ciudadana, administrativa, legal, etc.) para solventar tales injusticias, los resultados alcanzados, etc. Un ejemplo de esta opción cabe reconocer en los trabajos desarrollados por autores como Pellow (2004) o Martínez Alier (2008) y su proyecto EJOLT², así como bastantes trabajos publicados en la revista *Environmental Justice*³.

Cabe por otra parte reconocer otro enfoque, calificable de espacial por su afinidad con esa corriente analítica de la geografía, en el cual se prioriza el desarrollo de estudios orientados a evaluar de manera rigurosa la existencia y medición de desigualdades en la afección o disfrute humanos asociados a causas ambientales (peligros, baja calidad o amenidades), a menudo catalogables como externalidades. La complejidad de ese asunto ha puesto de manifiesto la imperiosa necesidad de integrar componentes diversos de la interacción hombre-medio y de aprehender facetas altamente elusivas que demandan geoinformación, técnicas y tecnologías avanzadas, para poder dictaminar si se puede hablar de situaciones injustas, para quién, dónde, cuánto, cuándo, cómo, etc. En este frente el creciente número de contribuciones que se están publicando han supuesto progresos de notable enjundia en el conocimiento de las IA y en cómo medirlas. Siendo ésta una etapa ineludible para unas actuaciones ulteriores bien fundamentadas, resulta a nuestro juicio palmario el interés de esta aproximación por sus utilidades para diferentes públicos y actores sociales.

Es obvio que, ante cualquier situación de afección a personas por causas ambientales, la aspiración más elemental clamaría por la eliminación de tales causas y la evitación de todo tipo de perjuicios reales o potenciales. Ahora bien, la cuestión más complicada de responder y luego de resolver estriba en que, ante un escenario en el que los impactos negativos o “cargas” afectan desigualmente a distintos lugares y personas, cuán grandes son dichas diferencias y si son significativas como para calificarlas de injusticias. Esta interpretación de la JA, denominada como justicia distributiva, es la que conviene a nuestros propósitos aquí, e implicaría que dichas 'cargas' ambientales (bajo formas tales como amenazas, degradación, malestar, condiciones insalubres, etc.) deberían ser soportadas por los diversos grupos socio-demográficos de manera no discriminatoria. Más aún, el efecto desproporcionado sobre las poblaciones más débiles o más vulnerables debería ser especialmente evitado (Moreno Jiménez, 2010), pues lo contrario supondría una doble penalización, socio-económica y ambiental.

² <http://www.ejatlas.org/>

³ <http://www.liebertpub.com/overview/environmental-justice/259/>

La aproximación espacial a esa cuestión resulta especialmente conveniente, por cuanto está aportando conceptos e instrumentos capaces de aprehender y desvelar con mayor exactitud esas diferencias entre grupos socio-espaciales y su significación, con vistas a informar a los agentes sociales, propiciar el debate y orientar la formación de decisiones. De acuerdo con ello, y de manera más concreta, cabe anticipar que en este capítulo se tratará una serie de cuestiones sobre la medición de las IA que pretenden aportar conocimiento a tres tipos de públicos: estudiosos, profesionales y decisores. En el apartado siguiente se ofrece una breve panorámica de los estudios sobre JA, para luego exponer una tipología de análisis sobre el tema que buscan clarificar oportunidades para los estudiosos y expertos. Tras presentar con fines de ilustración algunos resultados de indagaciones sobre IA realizadas en el ámbito iberoamericano, se termina con unas consideraciones finales.

Una breve panorámica de los estudios sobre justicia ambiental (JA)

La investigación sobre IA se está claramente expandiendo por el mundo, particularmente en aportaciones metodológicas y estudios de caso. Se cuenta con diversas revisiones del tema basadas en conocidas bases de datos bibliográficas (Chakraborty *et al.* 2011; Holifield *et al.* 2009; Martuzzi *et al.* 2010; Mohai y Saha 2006; Mohai *et al.* 2009; Reed y George 2011) en las que se sintetizan las principales contribuciones y prácticas de investigación en este campo. Resumimos a continuación algunos de los aspectos más genuinos de dicha línea de estudios.

En primer lugar, procede reconocer que la mayor fracción de publicaciones académicas sobre JA se siguen originando predominantemente en países de habla inglesa (sobre todo EEUU y RU). En otros países europeos la investigación ha comenzado más tardíamente y es aún limitada (vid. las revisiones de Maier y Mielck, 2010; Moreno Jiménez, 2010; Raddatz y Mennis, 2012). En otras partes del mundo como Asia (Harding, 2007), Latinoamérica (Carruthers, 2008), o África, la atención a este asunto está sólo en sus albores.

En segundo lugar, la mayoría de la literatura sobre IA permanece centrada en la distribución socio-espacial de ciertas amenazas ambientales, principalmente por residuos tóxicos, actividades peligrosas, contaminación atmosférica, ruido o riesgos físicos. Jerrett (2009) ha señalado un cambio en el énfasis de los estudios, desde los primeros centrados en la desigual exposición de grupos raciales y sociales a fuentes específicas de contaminación tóxica (por ejemplo, Bowen *et al.* 1995; Chakraborty y Armstrong 1997; Maranville *et al.* 2009; Mohai y Bryant, 1992; Wilson *et al.* 2012), a los más recientes esforzando examinando las desigualdades sociales en la exposición a gases nocivos y al ruido del tráfico vehicular (Bocquier *et al.* 2013; Buzelli y Jerrett, 2007; Havard *et al.* 2009, 2011; Moreno Jiménez, 2007; Moreno Jiménez y Cañada Torrecilla, 2007) y los aeropuertos (por ejemplo, Sobotta, 2007). Últimamente, se han diseñado algunos índices de multi-privación ambiental vinculados a la salud, integrando características patogénicas y saludables de los lugares (por ejemplo, Pearce *et al.*, 2010 y 2011; Richardson *et al.* 2010).

En tercer lugar, se constata que han prevalecido los aspectos sociales, raza/ etnia e ingresos en los estudios originados en Estados Unidos (p. ej. Bullard 1983; Buzzelli y Jerrett, 2004). Adicionalmente se ha considerado una variedad de datos socio-demográficos para definir e investigar IA por grupos por edad, sexo, nacionalidad, nivel educativo, ocupación, discapacidad, vulnerabilidad, religión, etc. (véanse por ejemplo Bosque Sendra *et al.* 2001-2; Brainard *et al.* 2002, 2003; Liu, 2001, cap. 5). Otros investigadores han desarrollado medidas sintéticas aplicables al estudio de las IA, tales como índices de privación social o de nivel socioeconómico (p. ej. Havard *et al.*, 2009, 2011; Mitchell y Norman, 2012; Pearce *et al.* 2011; Wheeler, 2004). Una idea clave subyacente a la mayoría de estos estudios atañe a la cuestión de desarrollar mediciones empíricas de la exposición potencial de las poblaciones a diferentes niveles de calidad ambiental (por ejemplo Isakov *et al.*, 2009; Jerret *et al.* 2005; McKone *et al.* 2009; Wheeler *et al.* 2008; Zou *et al.* 2009; Zou, 2010). La excepción es quizá los estudios sobre salud pública, en los cuales ciertos indicadores de morbilidad o mortalidad han sido preferidos como resultados medibles de los efectos de la exposición a riesgos ambientales (por ej. Bolte *et al.* 2011; Portnov *et al.* 2009).

En cuarto lugar, con respecto a la extensión espacial, los estudios han dado prioridad a la escala local (ciudades y zonas rurales situadas en las proximidades de zonas o grandes instalaciones industriales), aunque también se ha realizado investigaciones a escala de todo un país. Hay un buen número de ellas en Estados Unidos, algunas datadas en el siglo pasado (*e.g.* Hird, 1993; Zimmerman, 1993; Been, 1995; Hamilton, 1995, etc.) y continuadas hasta fechas recientes (por ejemplo, Clark *et al.* 2014; Zwickl *et al.* 2014). Algunos ejemplos pueden encontrarse también en otros países: en Inglaterra (Mitchell y Norman, 2012; Wheeler, 2004), Francia (Lavaine, 2010) y Nueva Zelandia (Pearce y Kingham, 2008).

Metodológicamente, los estudios que miden las injusticias ambientales han evolucionado hacia una mayor complejidad en la última década. Las técnicas aplicadas incluyen análisis de coincidencia espacial, coeficientes cuantitativos, modelos de regresión varios y otras técnicas de análisis espacial (por ejemplo, autocorrelación espacial) y test estadísticos (D de Kolmogorov-Smirnov, χ^2). Ello resulta indicativo de que todavía hay una necesidad de métodos estandarizados y que sean ampliamente aceptados para analizar las IA. Una contribución relevante en esa dirección es la de Maguire y Sheriff (2011) en su informe sobre enfoques para cuantificar la equidad distributiva ambiental y evaluar algunas técnicas comúnmente utilizadas, especificando sus ventajas y deficiencias en la planificación urbana y otras formación de políticas. En él concluyen que el índice de desigualdad de Kolm-Pollak es la medida más prometedora para evaluar consistentemente la IA, aunque hasta la fecha carece de una suficiente gama de aplicaciones y de amplia aceptación.

Los resultados de las investigaciones han confirmado muchas veces la existencia de marcadas desigualdades ambientales para las minorías raciales y étnicas y personas desfavorecidas (véase Martuzzi *et al.* 2010). En algunos casos, se ha encontrado que áreas pobladas principalmente por grupos demográficos específicos (por ejemplo, grupos ricos, ancianos, niños, inmigrantes, etc.) sufren

una baja calidad ambiental (por ej. Havard *et al.*, 2011; Mitchell y Dorling, 2003; Moreno Jiménez, 2007; Raddatz y Mennis, 2012). En ocasiones, la asociación entre lo ambiental y lo socio-espacial no se ha podido establecer claramente, dependiendo del grupo de población, el tipo de peligro o contaminante o el método utilizado (*e.g.* Buzzelli y Jerrett, 2007; Maroko, 2012; Romero-Lankao *et al.* 2013).

Aunque esta disparidad de hallazgos puede deberse parcialmente a estructuras espaciales específicas de los casos de estudio, existen también evidencias de la concurrencia de otros tipos de causas, como por ejemplo la dificultad de obtener datos fiables a la escala espacial y el nivel de desagregación apropiados (Chakraborty *et al.* 2011). Diversos problemas pueden converger en esta etapa perturbando la medición exacta de los fenómenos, lo que resulta en datos de tipo sólo proxy. En consecuencia, las relaciones humano-ambientales o la hipótesis de IA no pueden ser examinadas siempre de manera exacta, sino imperfecta.

Desde un punto de vista científico pues, resulta crucial avanzar en la disponibilidad de datos y métodos de análisis como requisito previo para poder luego establecer políticas basadas en evidencias fundamentadas. Al respecto, merece citarse la crítica de Maguire y Sheriff (2011), quienes han argumentado que, aparte de otros factores, un obstáculo relevante para la regulación y el cumplimiento de la JA es la falta de un criterio de referencia para evaluar si la discriminación existe y, en caso afirmativo, con qué grado de intensidad. Ello implicaría responder a tres preguntas fundamentales: a) ¿Cuál es la distribución de referencia o norma para comparar los efectos ambientales? b) ¿Cuál es la distribución de los impactos ambientales para los diferentes escenarios obtenibles de políticas alternativas? c) ¿Cómo las distintas políticas mejoran o empeoran la distribución de los resultados ambientales entre los diferentes subgrupos de población? Se colige de todo ello la importancia de contar con unos métodos e instrumental analíticos capaces de dar contestación a ese tipo de preguntas de una manera consistente y estándar. En ello, la aproximación desde el análisis espacial está siendo de indudable ayuda como veremos en un apartado posterior.

Acerca de las oportunidades y tipos de estudios sobre injusticias ambientales

A la hora de abordar cuestiones de IA desde la perspectiva espacial, y desde el punto de vista de los profesionales y estudiosos, es posible identificar una amplia variedad de problemáticas que son susceptibles de analizar con miras bien de diagnóstico, bien de motivación para actuaciones y decisiones. Su enumeración y glosa aquí persigue poner de relieve las oportunidades que se avistan para que esos expertos puedan desarrollar una labor más relevante personal y socialmente (tabla 1).

Tabla 1. Oportunidades y tipos de estudios sobre injusticias ambientales

1. **Desigualdades socio-espaciales** entre diversos grupos en:
 - I. Exposición potencial a **calidades ambientales** desiguales
 - II. Exposición a **amenazas** ambientales
 - Amenazas físico-naturales
 - Peligros tecnológico-industriales
 - Instalaciones fijas
 - Actividades y medios móviles
 - III. **Efectos sobre salud, relaciones y conductas sociales**
 - IV. **Percepción / vivencia** de las “cargas” ambientales (malestar / bienestar sentido)
2. **Variaciones espacio-temporales** de la equidad ambiental en un territorio por:
 - I. Cambios en la calidad ambiental o externalidades
 - II. Cambios en los entes afectables
3. Estudios de **previsión / prospectiva** (simulaciones) de las condiciones ambientales y sociodemográficas de un lugar
 - I. Proyectos sectoriales (e. g. carreteras, polígonos industriales, etc.)
 - II. Escenarios integrales (ordenación territorial)

En general, dado que la calidad del ambiente en el que una comunidad socio-territorial vive no suele ser homogénea, presentando rasgos diferentes, cabe señalar una oportunidad genérica consistente en la caracterización primero de las desigualdades que en esa calidad afloran y preguntarse luego si el entorno que disfrutan o sufren distintos grupos sociodemográficos les resulta favorable o, por el contrario, implica unas condiciones de penalidad excesivas, respecto a otros grupos. Si disponer de un medio vital de calidad constituye una aspiración humana básica, parece evidente que una evaluación periódica y sistemática de dicha calidad ofrece un punto de partida para profundizar en las desigualdades que de ello se derivan entre grupos de población, y si dan lugar a injusticias. Como es sabido, la calidad ambiental es un concepto complejo que requiere una visión multidimensional y que involucra a componentes tanto físico-naturales, como humanos. La larga tradición de estudios e informes sobre calidad ambiental hallaría aquí un camino para ascender hacia nuevas cotas de relevancia y utilidad para la sociedad (*vid.* por ejemplo, Comunidad de Madrid, 2102; European Environment Agency, 2014). Recuérdese que en un cierto número de trabajos se han discutido ya las dimensiones e indicadores para aprehender dicha calidad (*e. g.* Kamp *et al.*, 2003; OECD, 2008; Mainguy, 2012), bien de manera parcial, bien con pretensiones más holistas. Como estudios concretos pueden citarse el de Moreno y Fernández (2003) sobre un indicador de confort térmico o el de Velázquez y Celemín (2013) a escala de un país, Argentina.

Es cierto que algunos rasgos ambientales negativos, y las desigualdades espaciales que suelen conllevar, pueden traducirse en efectos algo molestos, por lo que podría pensarse que su importancia sería limitada, en cuanto a grado de injusticia. Sin embargo, los argumentos recién postulados adquieren mayor contundencia cuando se trata de aspectos del ambiente que conllevan peligros serios. Las amenazas provenientes del entorno a la persona poseen un origen múltiple, si bien cabría, por simplicidad, agregarlas en dos grandes categorías: de un lado, las ocasionadas por fenómenos y procesos físico-naturales. Son bien conocidas la multitud y magnitud de los desastres que ocasionan periódicamente sobre ciertos lugares. De otro, las de origen social o antrópico, a menudo ligadas a actividades productivas (sean extractivas, agropecuarias, industriales, de transporte, servicios o etc.), pero que también pueden derivarse de actividades lúdicas, de ocio o de consumo genérico. Como es sabido la parcela de la evaluación y análisis de riesgos ha adquirido ya un alto desarrollo y predicamento, merced a una notable producción investigadora y técnica (vid. la revista *Risk Analysis* o los Congresos Internacionales de Riesgos), sin embargo, la prolongación de tales estudios hasta la etapa de conocer quiénes, dónde, cuánto, cómo, etc. soportan tales peligros y, en particular, si algunos grupos demográficos sufren una exposición excesiva a dichas amenazas, debería constituir una prioridad permanente. La acertada tríada de amenaza-exposición-vulnerabilidad, que para la evaluación de riesgos se halla ampliamente aceptada, ofrece a nuestro juicio una excelente base de partida para explorar potenciales injusticias ambientales, si se aplica separadamente a grupos sociodemográficos bien definidos en el binomio exposición-vulnerabilidad (vid. Campos-Vargas *et al.*, 2015).

Junto con la aproximación basada en la exposición, a menudo calificada como potencial, para aludir a que la misma se estima de manera indirecta o aproximada y no mediante un procedimiento de registro fiable (por ejemplo, portando un sensor que mida la exposición real a la amenaza o a una baja calidad ambiental en la doble dimensión espacio-tiempo), otras formas acertadas de plantearse la determinación de inequidades ambientales se han inclinado por obtener información de los impactos que las personas acreditan como resultado de su interacción con un ambiente degradado. En efecto, aunque con dificultades variables según la faceta examinada (tipo de impacto) y la accesibilidad a las fuentes de información, un rico frente de indagación sobre inequidades ambientales se conforma a partir de averiguar y analizar los efectos sobre la salud y mortalidad, las conductas sociales (e. g. conflictividad) o la percepción humana (bienestar-malestar sentidos) son provocados por factores ambientales. Las relaciones entre esos efectos y ciertos determinantes ambientales se han establecido en informes, estudios y experiencias (vid. WHO, 2013; Fundación Mapfre, 2013), sin embargo, el considerar tal proceso bajo el prisma de la justicia ambiental aportaría unas posibilidades adicionales de valoración que solo en años recientes se están ponderando adecuadamente. Dado que esos costes o impactos pueden ser a veces lacerantes, de nuevo cabe reivindicar la necesidad de un seguimiento de esas posibles injusticias de manera periódica y sistemática.

La inclusión de la dimensión temporal en los estudios de JA conforma otro filón de expectativas muy prometedoras, pues, al igual que en parcelas bien reconocidas ya como la económica, la social, la educativa, etc. donde se cuenta con informes

periódicos a diversas escalas, implantar un monitoreo de la evolución de ciertas desigualdades ambientales, se acogería al mismo principio de disponer de información para la acción: un seguimiento de cómo han cambiado las posibles injusticias permitiría informar adecuadamente a los agentes sociales y decisores públicos acerca de si se avanzó hacia mayores cotas de igualdad socio-espacial.

Finalmente, la labor de ordenación y planificación espacial “sensu lato” o las políticas públicas habrían de contar con un componente adicional que examinase en qué grado podrían generar o agravar desigualdades / injusticias ambientales. Ahora, desde una actitud prospectiva y de anticipación, se podría contribuir eficazmente a avanzar hacia una mejor relación hombre-medio ambiente, evaluando *ex-ante* las opciones contempladas y sus previsibles efectos sobre las IA.

En resumen, de todo ello cabe colegir la existencia de un campo potencialmente vasto para la labor de los estudiosos en materia de desigualdades / injusticias ambientales, cuya materialización dependerá tanto de la implicación de los expertos e investigadores, como de la prioridad concedida por la ciudadanía y los poderes públicos.

Aplicando técnicas de análisis espacial para la medición de la JA: algunos ejemplos del ámbito iberoamericano

Medir las desigualdades de calidad ambiental o en efectos imputables a causas ambientales que soportan distintos grupos socio-espaciales es una cuestión abordable con bajo métodos plurales. Al respecto resulta útil recordar la propuesta metodológica general, simple y comprensible, de Forkenbrock y Shelley (2004) para evaluar los efectos distributivos del medio ambiente. En ella planteaban ejecutar los análisis mediante tres fases:

- 1) Identificar el universo o población afectable;
- 2) Estimar la naturaleza y extensión de los efectos reales o potenciales;
- y
- 3) Dirimir si el reparto de los efectos es equitativo

Dar respuesta a esas cuestiones no suele ser una tarea siempre sencilla, pues a menudo conlleva tratamientos previos, a veces complejos o laboriosos. Con la pretensión de ilustrar ese tipo de indagaciones se presentan a continuación, de forma asequible y resumida, algunos casos de aplicación desarrollados en el ámbito iberoamericano.

1. Desigualdades sociodemográficas en la exposición a atmósfera contaminada en ámbitos metropolitanos de España

La averiguación del grado en que ciertos grupos sociodemográficos soportan una mayor o menor polución del aire constituye uno de las preocupaciones más recurrentes en los estudios de justicia ambiental y ha sido abordada por numerosos autores. A modo de ejemplificación se expondrá aquí sucintamente la metodología de análisis espacial que en trabajos del grupo de investigación GEOTEPLAN se ha aplicado de forma fecunda (*vid.* Moreno, 2007, 2010 y 2013a).

Los componentes básicos de la misma implican:

- Elegir los componentes de calidad del aire a analizar por su relevancia, particularmente las concentraciones de partículas, dióxido de nitrógeno, ozono, niveles de ruido ambiental, etc. Dado que los datos disponibles sobre ellos son una muestra de escasa cobertura territorial, se precisa aplicar algún tipo de estimación espacial, en nuestro caso, el recurso a la interpolación espacial, para obtener capas raster cubriendo completamente el ámbito de interés. Modelos basados en la media ponderada por el inverso de la distancia y el Kriging (isotrópico y anisotrópico) fueron ensayados para elegir el de mejor ajuste (*vid. Cañada et al. 2014*).
- Seleccionar los grupos de población vulnerables cuya situación evaluar en términos de exposición potencial y georreferenciación espacial de los mismos por unidades espaciales pequeñas (píxeles de 50 m).
- Establecer criterios de referencia para valorar las diferencias en exposición que surjan entre los grupos. Al respecto se adoptan: a) los niveles de polución máximos admisibles según alguna reconocida organización (e. g. Organización Mundial de la Salud-OMS, Unión Europea-UE, etc.); b) un universo de población con el que comparar la situación de cada grupo sociodemográfico y que permitirá hablar de reparto (carga) justa o no. En ello late la idea de justicia distributiva.
- Para medir la JA se computan seguidamente las cifras de población (total y de los distintos grupos demográficos) en cada uno de los dos intervalos de polución significativos (por encima y por debajo del nivel crítico establecido), obteniendo las correspondientes tablas de distribución de frecuencias (con la población total y de cada grupo). Los tratamientos descritos se ejecutaron mediante un SIG.
- Para la comprobación de la hipótesis de inequidad se han aplicado dos técnicas complementarias, el test χ^2 de una muestra, perteneciente a las pruebas de bondad de ajuste (*vid. Siegel, 1972: 64-69; Ruiz-Maya et al., 1995: 75-77*), y el diagrama o balanza de justicia ambiental descritos en Moreno (2010 y 2013a) y Moreno *et al.* (2012). La primera de ellas es un conocido test de independencia mediante el cual se trata de comprobar la hipótesis nula, H_0 , de que la exposición de un grupo de población a los distintos niveles de PM_{10} atmosférico es idéntica a la que tiene el conjunto de la población residente, o lo que es lo mismo, que las dos distribuciones de frecuencias (la del grupo y la del total) por niveles de PM_{10} son similares. La hipótesis alternativa, H_1 , asume lo contrario, es decir, que son diferentes, lo que implicaría que dicho grupo posee una exposición, bien menor, bien mayor que la de la población total. En tal caso, la interpretación de los resultados (diferencias entre las frecuencias y proporciones observadas y esperadas, bajo el supuesto de independencia) permitiría dictaminar acerca de la existencia de inequidad. Este test es parecido a los usados por Jacobson et al. (2005) y Brainard et al. (2003) y fue resuelto con un sistema estadístico (NCSS). El diagrama o balanza de la justicia ambiental se

construye (con Excel) precisamente a partir de las diferencias proporcionales entre la distribución observada y la teórica o esperada. De forma muy simplificada, dado un umbral crítico fijando el nivel de peligro o contaminación admisible, la expresión métrica sería:

$$\Delta_{i_{k+}} = P_{i_{k+}} - \pi_{n_{k+}}$$

Siendo $\Delta_{i_{k+}}$ = Diferencia entre la exposición observada (en proporciones) para el grupo i a alto peligro y la proporción estipulada como referencia o norma de comparación.

$P_{i_{k+}}$ = proporción (porcentaje) del grupo de población i expuesto a un ambiente por encima del nivel crítico K

$\pi_{n_{k+}}$ = proporción (porcentaje) normativo o de referencia para la exposición a ambiente por encima del nivel crítico K . En nuestro caso, se adoptó como tal la exposición observada en el total de la población del área estudiada, aunque nada obstaría el uso de otros valores, por ejemplo, los establecidos como metas a alcanzar por las políticas, los observados en otros lugares similares o los del grupo más favorecido.

La interpretación obvia de los valores resultantes sería:

- Si $\Delta_{i_{k+}} = 0$ el grupo de población i tendría una exposición equitativa (similar a la tomada como referencia).
- Si $\Delta_{i_{k+}} > 0$ se podría hablar de sobre-exposición de ese grupo (penalización excesiva).
- Si $\Delta_{i_{k+}} < 0$ se hablaría de sub-exposición de ese grupo (situación favorable).
-

Análogamente habría que obtener las diferencias $\Delta_{i_{k-}} = P_{i_{k-}} - \pi_{n_{k-}}$ concernientes a la exposición por debajo del nivel crítico K .

En resumen, se busca expresar en qué grado el porcentaje observado de exposición del grupo de población en cada uno de los dos intervalos de PM_{10} coincide o se aleja del adoptado como referencia (el de la población total de la ciudad), para exhibirlas visualmente y permitir así una apreciación clara y directa de las posibles desigualdades para cada grupo. La analogía de este gráfico con el reconocido icono de la justicia facilita su comprensión.

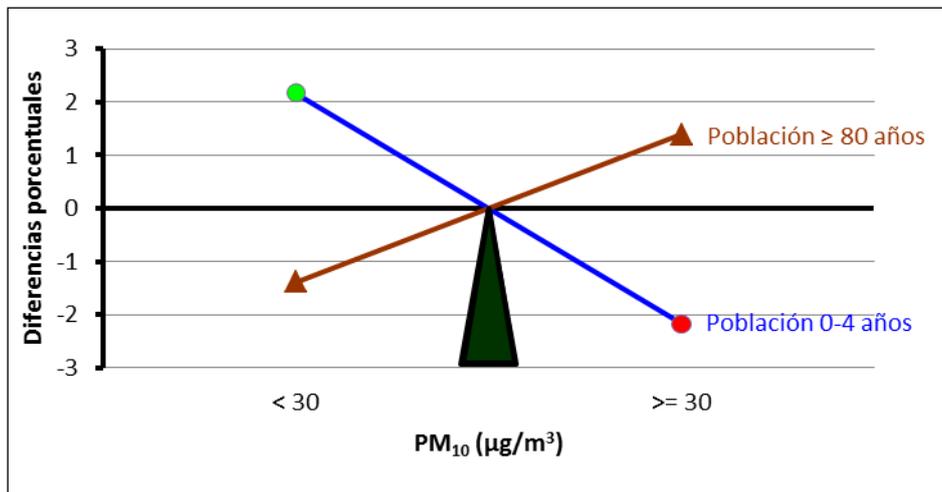
Remitimos al lector a la obra de Moreno *et al.* (2012, capítulos 6 y 8) para profundizar en la metodología y entrenarse en la resolución de ejercicios prácticos de este tipo.

Como ejemplo se presenta el resultado extraído de un estudio más amplio (Moreno *et al.* 2015). Se trata de la evaluación de las desigualdades en la exposición a niveles elevados de PM_{10} en la ciudad de Barcelona entre dos grupos vulnerables, los niños de 0-4 años y los ancianos de 80 años y más. Dada la divergencia en los límites normativos de la OMS ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y de España y la UE ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) relativos a la concentración media anual de este contaminante se ha adoptado un valor

intermedio, $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como referencia para el análisis. Pues bien, en Barcelona la población estimada que reside en zonas expuestas a niveles de PM_{10} en 2010 por encima del nivel de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ es 941.880 personas, es decir, el 58,2 % de la población total, lo que significa que más de la mitad de sus residentes se encuentran potencialmente expuestos a este problema.

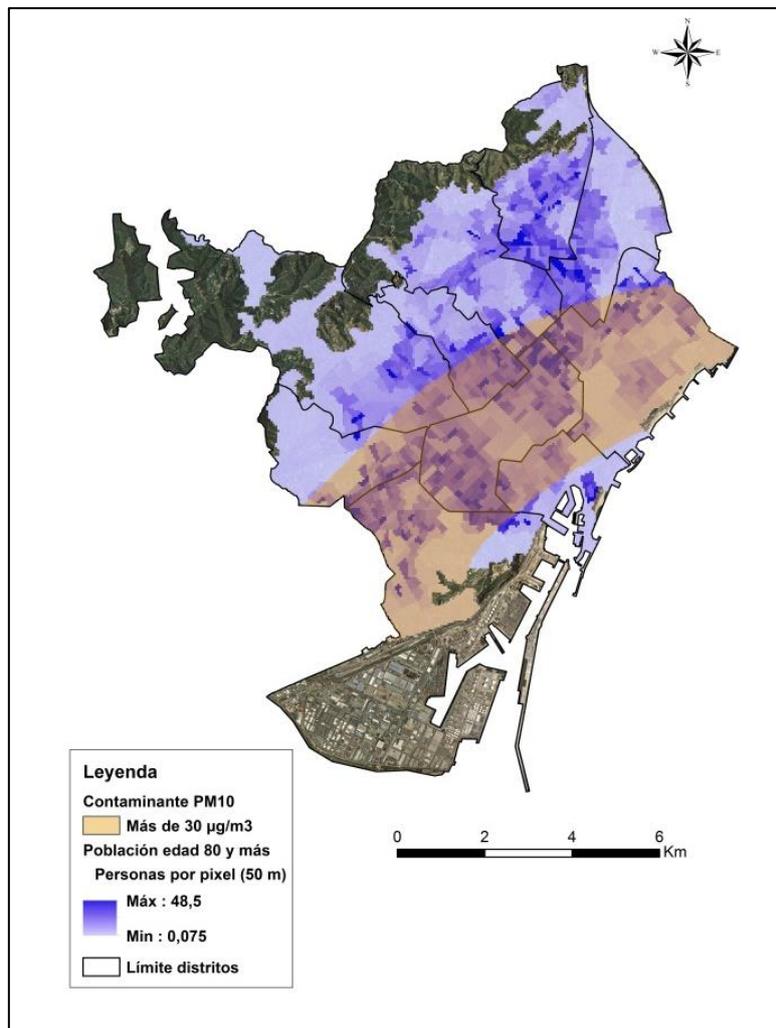
Los resultados de exposición potencial por subgrupos poblacionales en esta ciudad se recogen comparativamente en la tabla 2. En ella se puede ver cómo los dos colectivos de edad, niños (0-4 años) y ancianos (80 años y más), presentan una exposición moderada y bastante similar: 56 % y 60 %, lo que podría hacer pensar que ambos tuviesen patrones de distribución intraurbana parecidos. Sin embargo, cuando los comparamos con la población total, presentan situaciones bien diferentes, según ponen de manifiesto las balanzas de justicia ambiental de la figura 1. En ellas se aprecia que los niños se encuentran proporcionalmente menos expuestos de lo esperado (más de dos puntos porcentuales por debajo), mientras que los ancianos por el contrario están un poco más expuestos de lo que cabría esperar (más de un punto porcentual por encima). Por tanto, los primeros se muestran como algo más favorecidos ambientalmente, en tanto que los segundos aparecen como algo más perjudicados. La figura 2 muestra conjuntamente la zona más contaminada y las densidades de ancianos desvelando la notable presencia de éstos en aquel ámbito.

Figura 1. Balanzas de la justicia ambiental para dos grupos de edad vulnerables en Barcelona, respecto a la polución del aire por PM_{10} , 2010.
Nota: el eje vertical muestra las desviaciones (en unidades porcentuales) de la exposición de estos grupos poblacionales respecto a la exposición de la población total de la ciudad.



Fte. Elaboración propia.

Figura 2. Zona con excesiva concentración de PM₁₀ en el aire (media anual > 30 µg/m³) en 2010 y densidades de población de 80 años y más en Barcelona (2011).



Fte. Elaboración propia.

Al testar cuantitativamente la hipótesis de equidad ambiental o similar exposición proporcional, aunque aparentemente no existe en ambos subgrupos poblacionales demasiada diferencia absoluta entre las cifras de población expuesta respecto a la esperada, en la tabla 2 el test de bondad de ajuste χ^2 arroja que la exposición potencial que ambos soportan es sustancialmente distinta a la de la población total (p-valor próximo a cero), lo que equivale a decir que las divergencias con respecto a ésta son estadísticamente significativas con muy alta probabilidad.

Tabla 2. Test de justicia ambiental (bondad de ajuste) para dos grupos vulnerables en Barcelona, respecto a la contaminación atmosférica por PM₁₀, 2010.

Variable	χ^2 con 1 grado de libertad	P-valor	Población expuesta	Población esperada*
Población 0 - 4 años	137,30	0,00	39467 (55,99 %)	41002 (58,16 %)
Población \geq 80 años	86,00	0,00	64748 (59,55 %)	63239 (58,16 %)

*Si la exposición porcentual fuese la de la población total (norma de referencia).

Elaboración propia.

2. Diferencias por distritos urbanos en la exposición potencial de grupos vulnerables al aire contaminado

Además de para el conjunto de una metrópoli, como se ha descrito en el apartado previo, puede ser conveniente contar con una evaluación de las desigualdades / injusticias ambientales dentro de la ciudad, pero realizada por divisiones o unidades espaciales significativas. Sea por razones de coherencia con partes “naturales” de la ciudad, o por ajuste a circunscripciones administrativas, ese requerimiento habría de ser atendido por parte del estudioso. Contar con un diagnóstico comparativo de ese tipo puede influir en el grado de aceptación del mismo por parte de los ciudadanos y organismos competentes y también en la aplicabilidad ulterior de las recomendaciones derivadas. Tal es el caso de aquellas áreas urbanas o conurbaciones en las que se yuxtaponen divisiones como los municipios o los distritos que operan de cara a la gobernanza local, como órganos de planificación, gestión o participación ciudadana. Obtener resultados según tales circunscripciones resulta de idóneo para informar a ciudadanos y agentes decisores.

Con esta premisa en mente en este apartado se describe sucintamente el método y resultados para un caso ilustrativo: cuantificar y comparar la exposición potencial a alta concentración de dióxido de nitrógeno en el aire por parte de ciertos grupos vulnerables por razones de edad (niños de 0-4 años y ancianos de 80 años y más) para los distritos municipales de la ciudad de Madrid en 2010. Conviene recordar que el criterio adoptado para establecer el nivel inaceptable de ese contaminante ha sido 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por ser el valor vigente en la normativa española, europea y de la OMS. Remitimos al lector a los trabajos de Moreno *et al.* (2014 c y d) para ampliar detalles.

El proceso analítico en sus primeras fases resulta similar al descrito en el apartado anterior, si bien, una vez estimados mediante interpolación espacial los niveles de contaminación por NO₂, para los píxeles del área urbana, y análogamente las cifras por píxel de población total y de los grupos vulnerables (en nuestro ejemplo niños y ancianos) se procedió a computar la cantidad de ellos que residían en zonas con media anual de dicho contaminante superior al nivel normativo, tanto para el conjunto de la ciudad, como para cada distrito municipal.

La cuestión de establecer si un grupo vulnerable determinado está discriminado en un distrito, es decir, soporta una “carga” ambiental excesiva es obviamente materia de discusión. De nuevo, la fijación de una norma a efectos de referencia comparativa constituye una expresión de valores que, en una sociedad democrática, habría de resultar de la interacción participativa entre agentes locales: políticos, ciudadanos, expertos, etc. En este trabajo, a efectos de comparar los distritos se adoptaron de nuevo como cifras de referencia los porcentajes de población total expuesta a alta polución en el conjunto de la ciudad (para ese contaminante). Es decir, la exposición potencial observada para cada grupo vulnerable en cada distrito se confrontará con la observada en el total de la ciudad, eso sí, en términos relativos siempre.

De manera más formal el análisis se ha basado en un indicador para cada grupo vulnerable i en cada distrito d , Δ_{id} , construido así:

$$\Delta_{id} = (PE_c * 100 / P_c) - (PE_{id} * 100 / P_{id})$$

Siendo:

PE_c = población total expuesta a polución por encima del límite normativo en la ciudad,

P_c = población total de la ciudad,

PE_{id} = población del grupo vulnerable i en el distrito d , expuesta a una polución superior al nivel normativo,

P_{id} = población total del grupo vulnerable i en el distrito d .

De esta forma, una diferencia nula implicaría que los residentes de un grupo dado, i , soportan en el distrito d una exposición similar a la soportada por la población total en el conjunto urbano. Cifras positivas significarían que dicho grupo muestra una exposición inferior a la de la población de la ciudad y que, por tanto, está en una situación más favorable. Por el contrario, diferencias negativas significarían que dicho grupo exhibe una exposición superior a la de la población de la ciudad y que por tanto está en una situación más desfavorable; en este caso se podría interpretar como injusticia ambiental para los miembros de ese grupo en dicho distrito. Los tratamientos han sido ejecutados con ArcGIS y Excel.

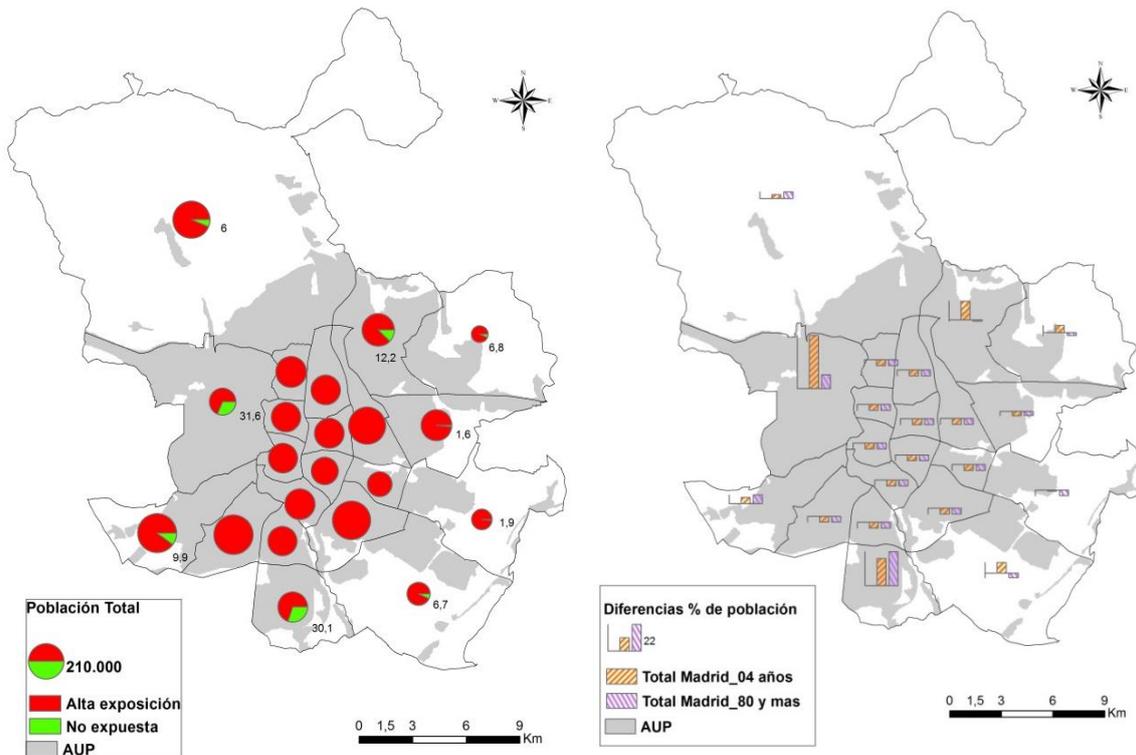
Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que el grado de exposición potencial de la población a concentraciones de este contaminante superiores $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el conjunto de la ciudad de Madrid es muy elevado: 95,23 %, existiendo una mayoría de distritos (la parte central y SW) que en su totalidad superaban dicho umbral (figura 3). Solo en algunos periféricos, sobre todo del S y W, hay zonas de cierta extensión con polución media inferior a ese valor.

Los resultados de la exposición por distritos de los grupos vulnerables traducen ese patrón básico con variantes diversas. A tal fin se ha adoptado el tipo de mapa con diagramas de barras, por permitir mostrar varios grupos vulnerables (uno por cada barra) y su situación relativa (discriminado negativamente o favorecido) según que la barra se desplegara por debajo o por encima de la línea base, la cual indicaría similitud en la carga respecto al conjunto de la ciudad (equidad

distributiva). La figura 4 permite visualizar esos resultados para los grupos de edad de niños y ancianos.

Figura 3. Población total expuesta a alta y baja concentración media anual de NO₂ en la atmósfera por distritos en Madrid, 2010.

Figura 4. Exposición a niveles inaceptables de NO₂ de los grupos de edad de 0 a 4 años y de 80 y más años por distritos en Madrid.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos procedentes del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid y de la Concejalía de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Madrid.

En el mapa se aprecia una mayoría de distritos en los que las barras de ambos grupos de edad quedan de forma ligera y homogénea por debajo de la línea horizontal que marca, como hemos dicho, la equi-exposición, i.e. un porcentaje similar al de la ciudad. En todos ellos, tanto niños como ancianos soportan una carga ambiental por este contaminante proporcionalmente superior a la carga estimada para toda la ciudad. En bastantes distritos periféricos la situación es algo distinta a la descrita, aunque dista de ser homogénea. En efecto, las barras ahora suelen estar por encima de la línea de equi-exposición, si bien, las alturas de las mismas aparecen dispares. De manera más detallada, destacan dos distritos sobremanera, uno al W (Moncloa-Aravaca) y otro al S (Villaverde), donde los niños y los ancianos claramente poseen una sub-exposición a este contaminante, en comparación con la del conjunto de la ciudad. En varios distritos periféricos más esa sub-exposición de uno u otro grupo, o de ambos simultáneamente, aparece también, pero ya con menor intensidad: Barajas, Hortaleza, Fuencarral- El Pardo en el N y Latina y Villa de Vallecas en el S. En todos ellos, por tanto cabría señalar una ligera mejor situación (relativa) respecto al conjunto de la metrópoli.

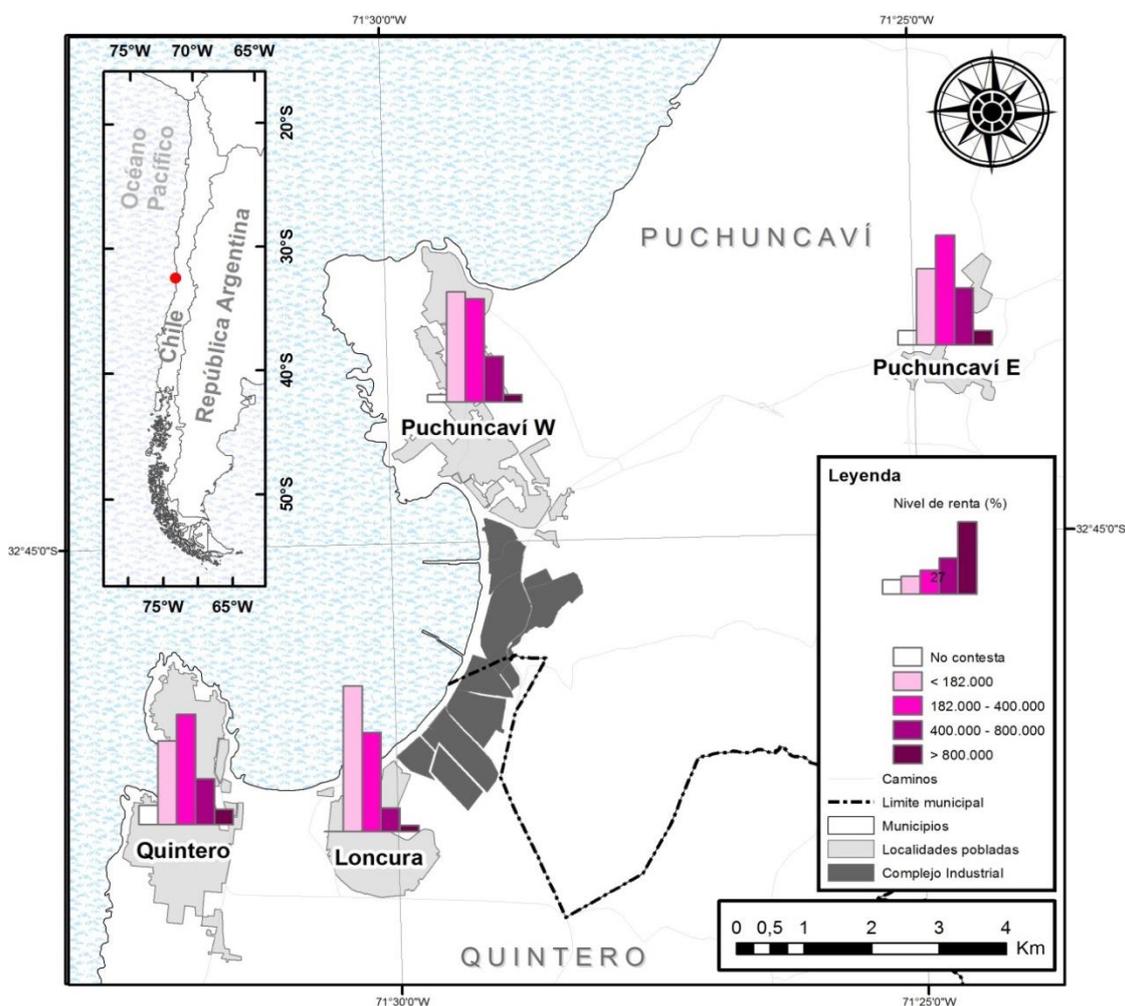
En resumen, y a tenor de esos hallazgos, los ancianos y niños del primer conjunto de distritos sufrirían una ligera y no equitativa penalización (por excesiva), en tanto que en los segundos, alguno de esos grupos de edad estaría algo favorecido por una menor “carga”, siempre en términos comparativos. Las razones de estos resultados hay que buscarlas en fenómenos varios tales como las emisiones vehiculares más intensas en el interior urbano, la existencia en la periferia de mayor cantidad de zonas verdes, públicas y privadas, la distribución intraurbana de esos grupos de edad, etc.

3. Proximidad residencial y desigual exposición según renta a las externalidades negativas de un complejo industrial en Chile

Otra situación ilustrativa de problemas ambientales que suelen ocasionar injusticias es la estudiada por Moreno *et al.* (2014a). Se trata de un ámbito en el que un proceso de urbanización escasamente planificado ha desembocado en una situación en la que el importante Complejo Industrial Ventanas (CIV), situado en las comunas de Quintero y Puchuncaví (Región de Valparaíso, Chile), está rodeado por zonas residenciales, las cuales fueron fijadas como objeto de estudio. Éstas se ubican a desigual distancia (desde las adyacentes al CIV, hasta las situadas a unos 7 km aproximadamente) y orientación respecto al complejo industrial y contienen cifras de población diferentes. Esa proximidad les expone a los efectos ambientales externos de las fábricas y otras instalaciones industriales de una manera directa, hecho que se ha traducido periódicamente en noticias en los medios de comunicación alusivas a las amenazas y perjuicios que suponen, protestas, etc. Cabe añadir que el lugar fue declarado por un Decreto Supremo N°346 del Ministerio de Agricultura chileno del año 1993 como zona saturada por anhídrido sulfuroso (SO₂) y material particulado respirable (PM₁₀).

De los abundantes datos recopilados mediante una encuesta con muestreo espacial a los responsables de hogar de las localidades próximas, solo mostraremos un expresivo ejemplo de resultados. Conciérne a la hipotética relación entre el nivel de renta del hogar y la distancia al CIV como indicador éste de la exposición potencial a las externalidades ambientales soportadas por los residentes. El análisis espacial aquí presentado se apoya en dos instrumentos simples y conocidos. Por un lado, la cartografía de la figura 5 en la que se exhibe la distribución de los encuestados por asentamientos según cinco niveles de renta del hogar. Procede fijarse comparativamente sobre todo en las barras de los niveles bajo y medio-bajo, frente a los altos y medio-altos, para detectar que emergen algunas desigualdades expresivas. Así por ejemplo, en las más cercanas al complejo industrial, Puchuncavi W y Loncura, singularmente en este último, imperan los hogares de bajos recursos. Ello implicaría que dichos grupos sociales viven en zonas más expuestas a las emisiones ambientales. Por el contrario, los grupos de mayores rentas están más presentes proporcionalmente en Quintero y, sobre todo, en Puchuncaví E. Ambas áreas son, como se constata también en la figura, las más alejadas a las industrias.

Figura 5. Distribución porcentual de los hogares de la muestra según el nivel de renta mensual (en pesos chilenos) en las localidades próximas al CIV de las comunas de Quintero y Puchuncaví (Chile).



Elaboración propia.

La segunda técnica, la correlación lineal, permite explorar la posible asociación de fenómenos espaciales. Aquí se utilizó para examinar el nexos entre un indicador de distancia media de los encuestados de cada localidad al CIV (que expresaría la mayor o menor exposición potencial a las externalidades) y los porcentajes de hogares en cada grupo de renta para ratificar las impresiones señaladas antes. La figura 6 muestra la posición de los puntos representando los cuatro asentamientos respecto a la presencia relativa de hogares de bajas rentas (A) y media-altas y altas (B). En la primera se constata una tendencia a que la proporción de gente con bajos ingresos sea mayor en las localidades más cercanas; por el contrario los residentes con ingresos medio-bajos, medio-altos y altos abundan más proporcionalmente a medida que nos alejamos del CIV. Aunque la cifra de puntos es exigua, las cuantías y signo de los coeficientes de correlación son los suficientemente claros como para abonar la tesis de injusticia ambiental, en el sentido de que los hogares de menos rentas poseen una superior presencia relativa (exposición potencial) en ambientes de peor calidad, asociados a la cercanía al CIV. Los de mayores rentas tenderían,

por el contrario, a una menor exposición a las externalidades negativas por su presencia más abundante en zonas alejadas.

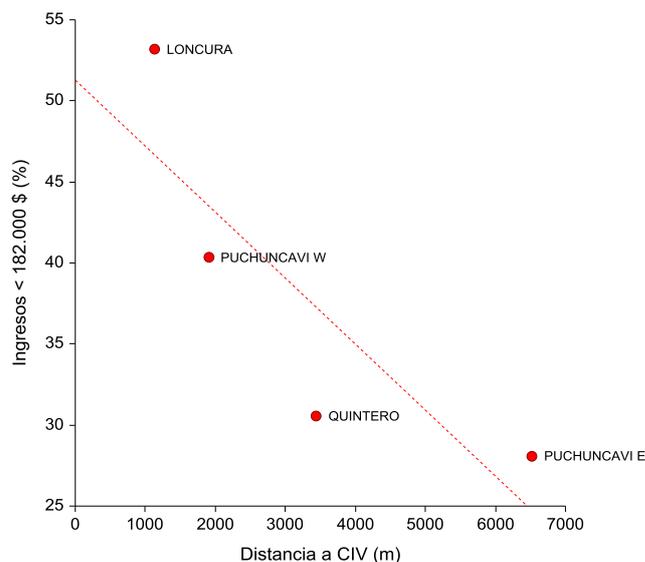


Figura 6A. Diagrama de dispersión entre la distancia media de los encuestados al CIV y porcentaje de personas con bajos ingresos mensuales (pesos chilenos), por localidades.

$$r = -0,849$$

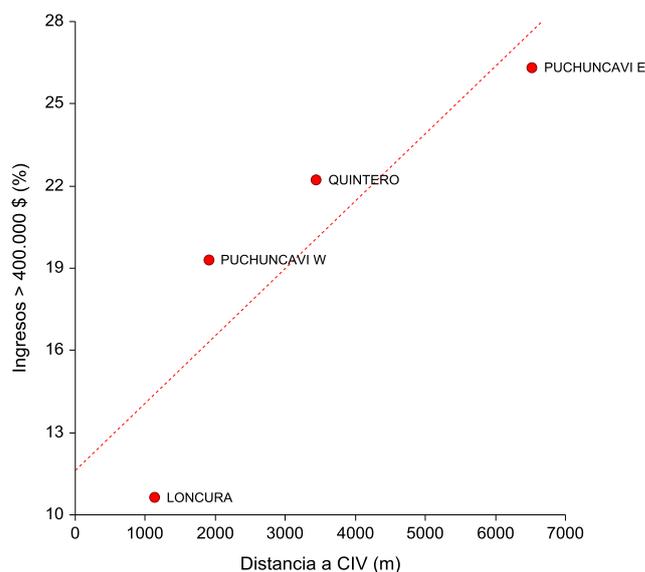


Figura 6B. Diagrama de dispersión entre distancia media de los encuestados al CIV y porcentaje de personas con ingresos mensuales medio-altos y altos (pesos chilenos), por localidades.

$$r = 0,882$$

Consideraciones finales

La toma de conciencia de que la calidad ambiental es una aspiración y un derecho humano ha ido asentándose como una meta a tener presente a la hora de examinar la organización humana del territorio y de valorar las propuestas de ordenación del mismo *sensu lato*. Las desigualdades que diferentes categorías de la población poseen en cuanto a calidad del ambiente donde realizan su vida habitual pueden adquirir el rango de injusticias ambientales, cuando implican unas discriminaciones manifiestamente onerosas e inaceptables. La idea de justicia ambiental, aunque de significados plurales, está paulatinamente constituyéndose en un referente para la humanidad, junto con otros principios ya bien reconocidos. La compleja y diversa naturaleza de los problemas de esa índole está desencadenando un conjunto de dinámicas ciudadanas, políticas, legales y

científicas que progresivamente están requiriendo de expertos capaces de asesorar en la resolución de unos conflictos, actuales o potenciales, que atraviesan las escalas geográficas y las barreras entre las disciplinas científicas. En ese sentido, el papel de la geografía, como ciencia de la interacción entre hombre y medio ambiente y de la organización del territorio, resulta imprescindible, por cuanto puede aportar enfoques, conceptos y métodos para generar conocimiento útil en el tratamiento de esos problemas de injusticias ambientales. Dejando un lado al enfoque centrado en el análisis de conflictos por IA que nuestra disciplina comparte con otros campos disciplinares, la perspectiva espacial, genuinamente geográfica, está inspirando estudios y logrando resultados de innegable valía aplicada. En efecto, desde la fase de conceptualización del problema en la interacción sociedad-ambiente, y la posible injusticia asociada, pasando por el establecimiento de un procedimiento analítico capaz de testar esa hipótesis, hasta la etapa de validar con un aceptable grado de fundamento las respuestas - basándose en datos aptos y en valoraciones racionales - la aproximación espacial está consolidándose como imprescindible en ese terreno.

La importante saga de contribuciones realizadas, de la que hemos reseñado una parte significativa en uno de los apartados de este capítulo, atestigua la pertinencia de esa práctica científica para el conocimiento y la sociedad. En aras de iluminar vías para el desarrollo de este tipo de estudios en otro apartado se han sistematizado y tipificado grandes categorías de problemas o asuntos en las que investigadores y expertos pueden hallar relevantes cuestiones para acometer y contribuir así a reducir las gravosas IA que aquejan a ciertos colectivos humanos. Finalmente, y a modo de ilustración, se han expuesto sucintamente los métodos y técnicas empleados en algunos estudios desarrollados recientemente en Chile y España. Procede subrayar que en ellos, el recurso a las geotecnologías y a la denominada praxis científica geotecnológica (*vid.* Moreno, 2013b) ha constituido una atinada fórmula para la puesta en evidencia de las desigualdades que en la exposición potencial a ambientes degradados afloran entre distintos grupos de población y cómo algunos de ellos aparecen singularmente penalizados. Desvelar con nitidez tales hechos desde la Geografía y tomar conciencia de su magnitud sin duda habrá de coadyuvar a poner remedio a problemas de esa índole.

Bibliografía

Been, V. (1995). Analyzing evidence of environmental justice. *Journal of Land Use and Law*, 11 (1), 1-36.

Bocquier A., Cortaredona S., Boutin C., David A., Bigot A., Chaix B., Gaudart J., y Verger P. (2013). Small-area analysis of social inequalities in residential exposure to road traffic noise in Marseilles, France. *European Journal of Public Health*, 23 (4), 540-6.

Bolte, G., Pauli, A., y Hornberg, C. (2011). Environmental justice: social disparities in environmental exposures and health: overview. In Nriagu, J. (Ed.): *Encyclopedia of environmental health*. Amsterdam, London, Elsevier Science, 459-470.

Bosque-Sendra, J., Díaz Castillo, C., Díaz Muñoz, M. A., et al. (2001-2002). De la justicia espacial a la justicia ambiental en la política de localización de instalaciones para la gestión de residuos en la Comunidad de Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, CXXXVII-CXXXVIII, 90-113.

Bowen, W., Salling, M., Haynes, K., y Cyran, E. (1995). Toward environmental justice: spatial equity in Ohio and Cleveland. *Annals of the Association of American Geographers*, 85 (4), 641-663.

Brainard, J., Jones, A. P., Bateman, I. J., Lovett, A. A., y Fallon, P. J. (2002). Modelling environmental equity: access to air quality in Birmingham, England, *Environment and Planning A*, 34 (4), 695-716.

Brainard, J., Jones, A. P., Bateman, I. J., y Lovett, A. (2003). *Modelling environmental equity: exposure to environmental urban noise pollution in Birmingham, UK*. Norwich, Norfolk, UK: Environmental Decision Making Working Papers, EDM 03-04, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), University of East Anglia.

Bullard, R. D. (1983). Solid-waste sites and the black Houston community. *Sociological Inquiry*, 53, 273-288.

Bullard, R. D. (1996). Environmental justice: It's more than waste facility siting, *Social Science Quarterly*, 77 (3), 493-499.

Buzzelli, M. y Jerrett, M. (2004). Racial gradients of ambient air pollution exposure in Hamilton, Canada. *Environment and Planning A*, 36, 1855-1876.

Buzzelli M. y Jerrett M. (2007). Geographies of susceptibility and exposure in the city: environmental inequity of traffic-related air pollution in Toronto. *Canadian Journal of Regional Science*, 30, 195-210.

Campos-Vargas, M., Toscana-Aparicio, A. y Campos Alanís, J. (2015). Riesgos siconaturales: vulnerabilidad socioeconómica, justicia ambiental y justicia espacial *Cuadernos de Geografía, Revista Colombiana de Geografía*, 24, 2, p. 53-69.

Cañada Torrecilla, R., Moreno Jiménez, A. y González Lorenzo, H. (2014): "Modelado de la calidad del aire urbano. Un experimento metodológico con técnicas interpolación espacial", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 65, p. 317-342.

http://www.boletinage.com/articulos/65/15_canada_65.pdf

Carruthers, D. V. (Ed.) (2008). *Environmental Justice in Latin America: Problems, promise, and practice*. Cambridge MA, MIT Press.

Chakraborty, J. y Armstrong, M. (1997). Exploring the use of buffer analysis of the identification of impacted areas in environmental equity assessment. *Cartography and Geographic Information Systems*, 24 (3), 145-157.

Chakraborty, J., Maantay, J.A., y Brender, J. (2011). Disproportionate proximity to environmental health hazards: methods, models, and measurement. *American Journal of Public Health*, 101 (S1), 27-36.

Clark, L.P., Millet, D.B. y Marshall, J.D. (2014). National patterns in environmental injustice and inequality: Outdoor NO₂ air pollution in the United States. *PLoS ONE*, 9(4): e94431. doi: 10.1371/journal.pone.0094431

Comunidad de Madrid, (2012). *El medio ambiente en la comunidad de Madrid 2010 – 2011*. Madrid, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio

European Environment Agency, (2014). *Air quality in Europe — 2014 report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014>

Forkenbrock, D. J. y Sheeley, J. *Effective methods for environmental justice research*. Washington: Transportation Research Board, (2004).

Fundación Mapfre, (2013). *Salud y sostenibilidad: efectos de la calidad del aire urbano*. Madrid, Instituto de Prevención, Salud y Medio Ambiente. http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1076481

Harding, A. (Ed.) (2007). *Access to environmental justice. A comparative study*. Leiden, Martinus Nijhoff.

Havard, S., Deguen, S., Zmirou-Navier, D., Schillinger, C. y Bard, D. (2009). Traffic-related air pollution and socioeconomic status: a spatial autocorrelation study to assess environmental equity on a small-area scale. *Epidemiology*, 20, 223–230.

Havard, S., Reich, B. J., Bean, K. y Chaix, B. (2011). Social inequalities in residential exposure to road traffic noise: an environmental justice analysis based on the RECORD cohort study. *Occupational and Environmental Medicine*, 68, 366-374.

Hird, J. A. (1993). Environmental policy and equity: The case of superfund. *Journal of Policy Analysis and Management*, 12 (3), 323-343.

Isakov, V., Touma, J.S., Burke, J., Lobdell, D.T., Palma, T., Rosenbaum, A. y Ozkaynak, H. (2009). Combining regional -and local- scale air quality models with exposure models for use in environmental health studies. *J. Air Waste Manag. Assoc.*, 59 (4), 461-472.

Jerrett, M., Arain, A., Kanaroglou, P., Beckerman, B., Potoglou, D., Sahuvaroglu, T., Morrison, J. y Giovis, C. (2005). A review and evaluation of intraurban air pollution exposure models. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 15(2), 185-204.

Holifield, R., Porter, M., y Walker, G. (2009). Introduction. Spaces of environmental justice: frameworks for critical engagement. *Antipode*, 41 (4), 591-612.

Kamp, I. van, Leidelmeijer, K., Marsmana, G. y Hollander, A. de (2003). Urban environmental quality and human well-being Towards a conceptual framework and demarcation of concepts; a literature study. *Landscape and Urban Planning* 65, p. 5-18.

Kuehn, R. R. (2000). A taxonomy of environmental justice. *Environmental Law Reporter*, 30, 10681-10703.

Landrigan, P.J., Rauh, V.A. y Galvez, M.P. (2010). Environmental justice and the health of children. *The Mount Sinai Journal of Medicine*, 77 (2), 178-187.

Lavaine, E. (2010). *Atmospheric pollution, environmental justice and mortality rate: a spatial approach*. Documents de Travail du Centre d'Economie de la Sorbonne 10072, Université Panthéon-Sorbonne (Paris 1).

Liu, F. (Ed.) (2001). *Environmental justice analysis: Theories, methods, and practice*. Boca Raton, CRC Press.

Maguire, K. y Sheriff, G. (2011). Comparing distributions of environmental outcomes for regulatory environmental justice analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8 (5), 1707-1726.

Maier, W. y Mielk, A. (2010). "Environmental justice" (Umweltgerechtigkeit). *Prävention und Gesundheitsförderung*, 5 (2), 115-128.

Mainguy, G. Coord. (2012). *Framework elements for assessing urban environmental performance. Working Paper*. United Nations Environment Programme.
<http://www.unep.org/resourceefficiency/Portals/24147/scp/REC/UNEP%20framework%20report%2048pp.pdf>

Martínez Alier, J. (2008). Conflictos ecológicos y justicia ambiental, *Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio Global*, 103, 11-27.

Maranville, A. R., Ting, T-F. y Zhang, Y. (2009). An environmental justice analysis: superfund sites and surrounding communities in Illinois. *Environmental Justice*. 2 (2), 49-56

Maroko, A. R. (2012). Using air dispersion modeling and proximity analysis to assess chronic exposure to fine particulate matter and environmental justice in New York City. *Applied Geography*, 34, 533-547.

Martuzzi, M., Mitis, F. y Forastiere, F. (2010). Inequalities, inequities, environmental justice in waste management and health. *European Journal of Public Health*, 20 (1), 21-26.

McKone, T.E., Ryan, P.B. y Ozkaynak, H. (2009). Exposure information in environmental health research: current opportunities and future directions for particulate matter, ozone, and toxic air pollutants. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 19 (1), 30-44.

Mitchell, G. y Dorling, D. (2003). An environmental justice analysis of British air quality. *Environment and Planning A*, 35, 909-929

Mitchell, G. y Norman, P. (2012). Longitudinal environmental justice analysis: Co-evolution of environmental quality and deprivation in England, 1960-2007. *Geoforum*, 43, 44-57.

Mohai, P. y Bryant, B. (1992). Environmental racism: reviewing the evidence. In Mohai, P. and Bryant, B. (Eds.) *Race and the incidence of environmental hazards*. Boulder (Col.): Westview Press, 163-176.

Mohai, P., Pellow, D. y Roberts, T. (2009). Environmental justice. *Annual Review of Environment and Resources*, 34, 405-430.

Mohai, P. y Saha, R. (2006). Reassessing racial and socioeconomic disparities in environmental justice research. *Demography*, 43 (2), 383-399.

Moreno Jiménez, A. (2007): “¿Está equitativamente repartida la contaminación sonora urbana? Una evaluación desde el principio de justicia ambiental en la ciudad de Madrid”, *Estudios Geográficos*, 263, p. 595-626.

<http://estudiosgeograficos.revistas.csic.es/index.php/estudiosgeograficos/article/view/70/67>

Moreno Jiménez, A. (2010): “Justicia ambiental. Del concepto a la aplicación en análisis de políticas y planificación territoriales”, *Scripta Nova*, vol. XIV, 316. 1 de marzo, 33 p. <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-316.html>

Moreno Jiménez, A. (2013a): “Población y polución atmosférica intraurbana por dióxido de nitrógeno en Madrid: análisis desde la justicia ambiental basado en sistemas de información geográfica”, *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, 52, 1, p. 84-107.

<http://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/download/927/1078>

Moreno Jiménez, A. (2013b). Entendimiento y naturaleza de la científicidad geotecnológica: una aproximación desde el pragmatismo epistemológico. *Revista de Investigaciones Geográficas*, 60, p. 5 - 36.

http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/34742/1/Investigaciones_Geograficas_60_01.pdf

Moreno Jiménez, A., Buzai, G. D. y Fuenzalida Díaz, M. (2012, Coord.): Sistemas de información geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales. Madrid, Ra-Ma.

Moreno-Jiménez, A. y Cañada-Torrecilla, R. (2007). Justicia ambiental y contaminación atmosférica por dióxido de azufre en Madrid: análisis espacio-temporal y valoración con sistemas de información geográfica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 44, 301-324.

Moreno Jiménez, A., Cañada Torrecilla, R., Martínez Suárez, P., Vidal Domínguez, M.J. y Palacios García, A. (2015): "Exposición potencial de grupos vulnerables urbanos a contaminación del aire por PM₁₀: evaluación en grandes ciudades españolas mediante la balanza de la justicia ambiental", *XV Encuentro de Geógrafos de América Latina, Memorias*. La Habana, Distribuidora Nacional ICAIC (Edición DVD), 15 p.

Moreno Jiménez, A. y Fernández García, F. (2003): El confort climático en los entornos residenciales de las capas altas, medias y bajas de la Comunidad de Madrid, en Moreno Jiménez, A. (Dir.): *La distribución espacial de la renta en la Comunidad de Madrid. Análisis y aplicaciones*. Madrid, Instituto de Estadística, Consejería de Economía e Innovación Tecnológica, 153-186.

<http://www.madrid.org/iestadis/gazeta/publicaciones/iesparentano.htm>

Moreno Jiménez, A., Fuenzalida Díaz, M. y Martínez Suárez, P. (2014a): "Desigualdades socio-espaciales en la percepción de impactos ambientales de la industria: el caso del Complejo Industrial Ventanas (Región de Valparaíso, Chile)", en Santana Juárez, M. V. (Ed.): *Tendencias y Retos de la Geografía en América Latina en el siglo XXI. 7º Coloquio Geográfico sobre América Latina* Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, 20 p.

Moreno Jiménez, A., Palacios García, A. J. y Mellado San Gabino, A. (2014b): "Evaluación de la justicia ambiental por distritos urbanos como base para un nuevo desarrollo. El caso de Barcelona", en Serrano Rodríguez, A. (ed.): *Patrimonio y planificación territorial como instrumentos para otro desarrollo*. Relatoría, ponencias y comunicaciones. Madrid, FUNDICOT, p. 1035-1046.

Moreno Jiménez, A. y Vidal Domínguez, M. J. (2014c): "Las injusticias ambientales como reto pendiente en las metrópolis: un ejemplo en la ciudad de Madrid", en Vinuesa, J. y de la Riva, J. M. (Eds.): *Madrid: Cuestión central*. Autonomía y región metropolitana. Madrid, UAM Ediciones, p. 68-77.

Moreno Jiménez, A., Vidal Domínguez, M.J. y Cañada Torrecilla, R. (2014d): "Evaluación de la justicia ambiental por distritos urbanos como base para las políticas y la intervención públicas", *Actas del XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*, Alicante, Universidad de Alicante y Grupo de

Tecnologías de la Información Geográfica (AGE), p. 144-152. <http://age-tig.es/2014/Alicante/ponencia1/62.pdf>

OECD. (2008). *Key environmental indicators*. Organisation for Economic Development and Co-Operation. <http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/37551205.pdf>

Pellow, D. N. (2004). *Garbage wars: the struggle for environmental justice in Chicago*. The MIT Press.

Raddatz, L. y Mennis, J. (2013). Environmental justice in Hamburg, Germany. *The Professional Geographer*, 65 (3), 495–511.

Pearce, J., y Kingham, S. (2008). Environmental inequalities in New Zealand: A national study of air pollution and environmental justice. *Geoforum*, 39 (2), 980-993.

Pearce, J., Richardson, E., Mitchell, R., y Shortt, N. (2010). Environmental justice and health: the implications of the socio-spatial distribution of multiple environmental deprivation for health inequalities in the United Kingdom. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 35(4), 522-539.

Pearce, J.R., Richardson, E.A., Mitchell, R.J. y Shortt, N.K. (2011). Environmental justice and health: A study of multiple environmental deprivation and geographical inequalities in health in New Zealand. *Social Science and Medicine*, 73 (3), pp. 410-420.

Portnov, B., Dubnov, J. y Barchana, M. (2009). Studying the association between air pollution and lung cancer incidence in a large metropolitan area using a kernel density function, *Socio-Economic Planning Sciences*, 43, 141–150.

Raddatz, L. y Mennis, J. (2013). Environmental justice in Hamburg, Germany. *The Professional Geographer*, 65 (3), 495–511.

Reed, M.G. & George, C. (2011). Where in the world is environmental justice? *Progress in Human Geography*, 35 (6), 835-842.

Romero-Lankao, P., Qin, H. y Borbor Cordova, M. (2013). Exploration of health risks related to air pollution and temperature in three Latin American cities. *Social Science & Medicine*, 83, 110-118.

Ruiz-Maya, L., Martín Pliego, F.J., Montero, J.M. y Uriz Tomé, P. (Eds.) (1995). *Análisis estadístico de encuestas: datos cualitativos*. Madrid, AC.

Richardson, E., Mitchell, R., Shortt, N., Pearce, J., y Dawson, T. (2010). Developing summary measures of health-related multiple physical environmental deprivation for epidemiological research. *Environment and Planning A*, 42 (7), 1650-1668.

Siegel, S. (Ed.) (1972). *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. México, Trillas, 2ª ed.

Velázquez, G. A. y Celemín, J. P. (2013): *La calidad ambiental en la Argentina: análisis regional y departamental c.2010*. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 210 p.

Vidal Domínguez, M. J., Moreno Jiménez, A. y Cañada Torrecilla, R. (2012): "Geovisualización avanzada para la exploración de patrones y relaciones socio-ambientales con SIG: aplicación a la ciudad de Madrid", *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (GESIG-UNLU, Luján). Año 4, N° 4, Sección I: p. 215-238. www.gesig-proeg.com.ar

Walker, G. (Ed.) (2012). *Environmental justice: concepts, evidence and politics*. London, Routledge

Wheeler, B. W. (2004). Health-related environmental indices and environmental equity in England and Wales. *Environment and Planning A*, 36, 803-822.

Wheeler, A.J., Smith-Doiron, M., Xu, X., Gilbert, N.L. y Brook, J. R. 2008. Intra-urban variability of air pollution in Windsor, Ontario - measurement and modeling for human exposure assessment. *Environ. Res.*, 106(1), 7-16.

WHO, (2013). *Review of evidence on health aspects of air pollution-REVIAP*. Copenhagen. Regional Office for Europe, 22 p.

Wilson, S. M. (2009). An ecologic framework to study and address environmental justice. *Environmental Justice*, 2(1): 15-23

Zimmerman, R. (1993). Social equity and environmental risk. *Risk Analysis*, 13, 649-666.

Zou, B. (2010). How should environmental exposure risk be assessed? A comparison of four methods for exposure assessment of air pollutions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 166 (1-4), 159-167.

Zou, B., Wilson, J.G., Zhan, F.B. y Zeng Y. (2009). Air pollution exposure assessment methods utilized in epidemiological studies. *Journal of Environmental Monitoring*, 11 (3), 475-490.

Zwickl, K., Ash, M. y Boyce, J.K. (2014). Regional variation in environmental inequality: Industrial air toxics exposure in U.S. cities. *Ecological Economics*, 107, 494-509.

ANÁLISIS ESPACIAL DE CONDICIONES EDUCATIVAS¹

Armando García de León L.

Introducción

El objetivo principal del material aquí presentado es aportar una serie de reflexiones sobre algunos objetivos que persigue la Geografía, los cuales ante la creciente dinámica tecnológica propia de la modernidad llegan en ocasiones a perderse de vista, riesgo en el cual pueden incurrir principalmente los estudiantes, recién egresados y profesionistas jóvenes egresados de esta disciplina. Al mismo tiempo, se propone una metodología basada en el análisis espacial cuantitativo de las condiciones educativas correspondientes a un conjunto de unidades territoriales y se explica la manera de aplicarla, la cual puede extenderse a otros campos de estudio, siempre dentro del enfoque geográfico.

Puede afirmarse que la ciencia busca conocer los principios que norman buena parte de los fenómenos naturales que ocurren en nuestro planeta. A pesar de que su objetivo básico es el mismo, la diferencia esencial entre las llamadas ciencias “duras” y las humanidades es que las primeras atienden en mayor medida eventos de origen natural, mientras las segundas se especializan abordar procesos generados más propios del ámbito social.

Dentro de la amplia generalización referida antes, la Geografía toma su lugar dentro de aquellas disciplinas que dirigen su atención a realizar estudios capaces de aportar opciones para enfrentar (con posibilidades de éxito) problemáticas que afectan a la población residente de algún lugar. Ya sea en algún caserío aislado ubicado en un recóndito punto del medio rural, en una mega-urbe. Puede llegar a interesarse por los sistemas urbanos de uno o varios países y su trascendencia deriva de que comúnmente se interesan por los aspectos espaciales, hecho que permite incorporar el análisis geográfico como método básico de estudio.

Así, la Geografía se convierte en una de las disciplinas más versátiles al estar en posibilidad de adentrarse tanto en cuestiones del medio físico como con aspectos sociales, ya que su interés es el dimensionar problemas capaces de incidir en las condiciones de vida de las sociedades que residen en lugares con características desventajosas para sus habitantes. A este primer hecho se debe añadir otro, en términos de que sus investigaciones requieren considerar los fenómenos estudiados en su escala espacial.

¹ El autor reconoce y agradece a la Lic. en Geog. Erika Segundo de Jesús, su apoyo en la elaboración de la cartografía del presente material.

En consecuencia, dentro de la Geografía se estudian problemáticas de diversa índole, tanto ambientales como económicas o de corte social, pero que tendrán en común el afectar a grupos humanos específicos y, además, considerando por lo regular la localización de los lugares afectados o con riesgo de sufrir ese problema en el futuro. Con base en lo anterior, es explicable que los centros de estudio donde se imparte la Carrera de Geografía se encuentren tradicionalmente en escuelas o facultades pertenecientes a las humanidades.

Sin embargo, en tiempos relativamente recientes esa tendencia a ubicarse en el ámbito social se desdibujó en parte ante los avances tecnológicos que han permeado en esta disciplina. Si bien el mapa se mantiene como herramienta común para desarrollar estudios geográficos, la modernidad ha provocado cambios sustanciales en las modalidades para elaborarlos. Como antecedentes puede mencionarse que los mapas generados desde la antigüedad hasta la primera mitad del siglo XX, dependían de dibujantes más o menos especializados y de instrumentos relativamente rústicos. En contraste a partir de los avances en materia computacional posteriores a la Segunda Guerra aparecen los Sistemas de Información Geográfica (SIG), en versiones accesibles para la investigación aplicada.

Al tiempo que surgen los primeros SIG realmente operativos, algunos métodos estadísticos también se incorporan al análisis de lugares y hechos geográficos, principalmente enfocados a la clasificación de unidades espaciales sujetas a estudio. De esa manera van tomando forma los principios de la llamada Geografía Cuantitativa (Johnston, 1987) en una época de empleo significativo y creciente de modelos matemáticos dirigidos a la búsqueda de leyes generales (Burton, 1963), que desde entonces intentaban explicar el por qué se presentan ciertas pautas de distribución espacial en torno a las diversas problemáticas capaces de afectar a grupos humanos en todo el planeta. Sin duda el comprender la lógica de ciertos patrones territoriales viene a ser un conocimiento estratégico desde el punto de vista científico, pero también dentro de entornos tan diferentes como el mercadológico y los usos militares.

En la actualidad los SIG han superado su papel de meras herramientas para llevar a cabo análisis de corte geográfico, llegando al punto de originar nuevos paradigmas dentro de la Geografía (Buzai, 2000). Ante tales avances, en las dos últimas décadas parece cuestionable la presencia de Escuelas y Colegios de Geografía en Facultades de Filosofía o de Humanidades, como sucede en varios países, debido a la creciente incompatibilidad que se encuentra hoy día entre las asignaturas típicas, de Carreras como Letras y Filosofía, con respecto a varias de las que se presentan en Geografía, como pueden ser Matemáticas, Estadística, Percepción Remota, Laboratorios SIG o Geomática.

A pesar de la ampliación de sus alcances originales, es importante recomendar que los recursos matemáticos y tecnológicos se identifiquen como herramientas útiles para la realización de análisis espaciales y evitar confundirlos con el objetivo de esas investigaciones. Esto es, la tecnología y las matemáticas conviene considerarlas como medios, ciertamente sustanciales, para el análisis geográfico y no como fines de tales estudios. Para evitar dejar este principio de lado, es

suficiente sugerir que la investigación a realizar esté inmersa en un marco teórico particular, acorde con el problema a enfrentar. Así, al contar con un supuesto hipotético de partida, el estudio estará centrado en aprovechar todos los recursos disponibles, ya sean conceptuales o técnicos, para demostrar hasta dónde tiene validez tal supuesto.

Resumiendo lo escrito hasta aquí, se propone que un marco metodológico para emprender una investigación desde la Geografía, debería contemplar: 1. Enfrentar una problemática específica; 2. Que afecta (o podría afectar) a un grupo humano concreto; 3. Partir de un planteamiento o supuesto teórico adecuado; 4. Generar cartografía (preferentemente automatizada) para la representación y determinación del alcance espacial de tal problemática; 5. Deberá centrarse en buscar patrones significativos de distribución espacial a partir de la información numérica y cartográfica obtenida; 6. El analista deberá conocer el lugar a estudiar, pues de otra forma le será muy difícil reconocer la valía de los resultados obtenidos.

Los seis puntos enlistados antes son básicos para asegurar la pertinencia de aplicar métodos y técnicas propias del análisis espacial y trabajar dentro de un enfoque geográfico. Se da por evidente que este tipo de análisis pueden desarrollarse de manera interdisciplinaria, pero siempre bajo la condición de que en ese equipo se encuentre al menos un geógrafo.

La Educación como factor precursor del desarrollo.

De manera empírica se puede afirmar que la educación escolar es uno de los aspectos que mayor interés representa a nivel internacional. Al estar asociada con mejores niveles de vida, se le toma como prioridad en prácticamente todas las naciones, razón por la cual también organismos mundiales le conceden una posición relevante dentro de sus propios objetivos. A partir de esa importancia se decidió aceptar la educación como ejemplo práctico en este trabajo, al ser posible dimensionar algunos de los elementos que la definen con cierta precisión, para destacar sus fortalezas y debilidades en lugares específicos. Se acepta de entrada que la existencia de bajos niveles educativos representa un problema social de primera importancia.

Para postular una propuesta sobre el significado de este concepto, para fines prácticos puede tomarse la definición que propone la Organización de Naciones Unidas, a través de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), mediante el concepto de **La Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS)**, la cual: "Tiene como objetivo ayudar a las personas a desarrollar las actitudes, competencias, perspectivas y conocimientos para tomar decisiones bien fundamentadas y actuar en pro de su propio bienestar y el de los demás, ahora y en el futuro. La EDS ayuda a los ciudadanos del mundo a encontrar su camino hacia un futuro más sostenible" (UNESCO, 2015). Se puede observar que mediante esta acepción se otorga a la educación un alcance que va más allá del solo término tradicional, orientándose al desarrollo sostenible del planeta. Por otra parte, pretende que al beneficiarse de una formación escolar adecuada, los individuos dependan más de ellos mismos para lograr su bienestar.

Sin duda la Educación asume diferentes connotaciones de acuerdo con el grado de desarrollo del país que se esté analizando. Puede suponerse que en casos de alto nivel económico la educación básica tendrá poca atención, ante la certeza de que prácticamente la totalidad de la población en edad escolar está atendida de manera plena. Seguramente pondrán mayor atención a la formación de personal en ciclos superiores y de posgrado. Más aún cuando se trata de lugares donde la tasa de natalidad es muy baja o, incluso, negativa. En contraste, naciones que enfrentan condiciones de vida especialmente adversas sin duda procurarán apoyar al sector educativo, pero difícilmente lograrán coberturas sustanciales en los niveles básicos; y todavía serán más limitados sus esfuerzos en cuanto a la educación superior. La falta de recursos para incentivar la asistencia escolar de una población numerosa, creciente y pobre será un obstáculo difícil de vencer.

De todas formas la Educación viene a tomar por sí misma una posición de privilegio. Incluso en países con un nivel de vida relativamente alto. Un buen ejemplo de lo anterior se tiene en España, con un Índice de Desarrollo Humano (IDH) de 0.869 que lo ubica en el puesto 27 a nivel mundial (UNDP, 2015). Conviene mencionar que esa posición supera la de todos los países de América (excepto Estados Unidos y Canadá), ya que únicamente Chile (lugar 41), Cuba (lugar 44) y Argentina (lugar 49) lograron situarse entre los primeros 50 casos con mayor IDH. En ese contexto, para el año 2010 se encontró que 80 por ciento de los españoles que habían completado la Educación Terciaria estaban integrados al mercado laboral, mientras que únicamente 53 por ciento de quienes solo contaban con grados básicos de escolaridad tenían un empleo (OCDE, 2012).

Sin embargo, en los últimos años esta nación se ha visto afectada en gran medida por la crisis económica mundial; circunstancia que se refleja en tasas de paro que casi duplican los promedios de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE). A pesar de esta coyuntura adversa, el desempleo registrado entre 2008 y 2010 solo aumentó 4.1 por ciento entre las personas que contaban con estudios superiores. En contraste, quienes tuvieron niveles intermedios tuvieron aumentos hasta de 8.1 por ciento, valores que se fueron a 11.4 por ciento en aquellos que únicamente reportaron una formación básica (Ibid).

La Educación como factor de ingreso económico también tiene vigencia. De acuerdo con las estadísticas de la OCDE, la población con mayores estudios recibieron ingresos 55 por ciento mayores a los empleados que completaron grados intermedios y 78 por ciento mayores con respecto a las personas con solo parte de la educación básica.

Las evidencias anteriores fundamentan la utilidad de contar con una formación educativa suficiente. Por ello no es extraño que organismos de talla internacional como la UNESCO tenga presente, en el Artículo 26 de su Declaración Universal de Derechos Humanos el acceso pleno a la Educación (UNESCO, 2008). En consecuencia, la presencia de bajos niveles escolares así como la existencia de desigualdades regionales significativas en este sector, pueden dar lugar a problemas sociales trascendentes, debido a los efectos negativos y limitación de oportunidades de desarrollo que pueden ocasionar al futuro de un importante número de infantes y de la población juvenil de una nación.

Elementos que favorecen una Educación de calidad.

Con los argumentos presentados en las secciones anteriores pueden inferirse, al menos en principio, los perjuicios que puede ocasionar una formación escolar insuficiente. De todas formas subyace una importante duda: ¿la mera asistencia a la escuela permitirá asegurar una preparación suficiente y deseable para todos los alumnos? Esa interrogante dio lugar a intensas discusiones. En particular en la última década originó una serie de estudios y propuestas sobre cuáles son en realidad los factores que favorecen, o afectan, la educación, especialmente en el ámbito de la educación pública.

Un primer indicio de la necesidad de tomar en cuenta factores más allá de la asistencia a la escuela, se originó ante el mal desempeño de una parte de los alumnos al momento de ser evaluados mediante los instrumentos comunes. Se tenía evidencia de que los niveles generales de aprendizaje resultaban por debajo de lo esperado. Más grave fue el hecho de encontrar niveles de aprovechamiento en extremo diferenciados de unas escuelas a otras, así como entre regiones de un mismo país (Backhoff *et al*, 2007) tal y como ocurrió en México (INEE, 2008). Tales diferencias obligaron a las autoridades encargadas del ramo educativo a buscar explicaciones relacionadas con la disponibilidad de recursos económicos.

Los hallazgos de una serie de estudios internacionales enfocados a esta búsqueda permiten afirmar hoy día que el nivel socioeconómico del alumnado es un factor que generalmente se asocia con los indicadores de desempeño educativo, aceptando así opiniones vertidas desde varios lustros atrás (Coleman *et al*, 1966; Hanushek y Luque, 2003; Willms, 2006). Bajo ese nuevo enfoque, no es de extrañar el encontrar resultados que muestran a niños de menor ingreso económico con niveles de escolaridad también menores, con respecto a sus equivalentes de países desarrollados. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) llegó a conclusiones similares, a partir del análisis de lugares específicos (Bárcena y Serra, 2010; Trucco, 2014; Rossetti, 2014).

En un intento por explicar esta relación se plantearon diversas hipótesis. Una de ellas propone que el sistema educativo en países menos avanzados es abiertamente de menor calidad (Willms y Somers, 2001); otra, postula que cada escuela tiene particularidades específicas que favorecen (o no) el aprendizaje, muy aparte de las condiciones sociales y económicas del alumnado (Bryk *et al*, 1990; Radenbush y Willms, 1992) y el potencial de desarrollo económico del país. También se lanzó el supuesto de que una escuela puede tener condiciones notoriamente favorables en cuanto a calidad docente y equipamiento, las cuales seguramente generarán alumnos de primer nivel, de forma más o menos independiente de la situación económica de los mismos (Fuller y Clarke, 1994). De esta aseveración es posible reconocer ciertas variables que podrían reflejar las condiciones “notoriamente favorables” mencionadas por estos últimos autores, dentro del ámbito que ellos plantean las cuales son: 1. Calidad docente y 2. Equipamiento escolar.

Lo anterior podrá aplicar en general, pero este supuesto ya se había establecido de forma empírica desde la década de los años ochenta, al respecto de que una buena

escuela tendrá mejores alumnos, se trate de un país en desarrollo o uno de alta industrialización (Heyneman y Loxley, 1983). Las combinaciones alrededor de esta discusión pueden ampliarse de manera exponencial, por ejemplo considerando la alta probabilidad de encontrar también diferencias de fondo entre el desempeño de escuelas privadas comparadas con la enseñanza pública.

Sin intentar aportar al aumento de combinaciones, otro referente obligado para el análisis de las condiciones educativas son los trabajos sobre desigualdad social y aprendizaje escolar a partir de estudios realizados en América Latina. A partir de ellos se determinó: "... existe una relación positiva y muy estrecha entre el desempeño del estudiante y el *Capital Cultural Escolar* de su familia;" (Backhoff, 2007:17), afirmación sustentada en dos afirmaciones específicas:

- Existen brechas educativas abismales entre los estudiantes que cursan un mismo grado escolar, que pueden llegar a ser de más de cuatro años escolares.
- En gran medida, dichas brechas son el producto de inequidades sociales, que se reproducen fielmente en el sistema educativo.

Por su parte, Trucco refuerza la idea anterior, al plantear lo que ella denomina la "Reproducción intergeneracional de la desigualdad" (Trucco, 2014:17). Los planteamientos anteriores dan pauta para reforzar la hipótesis de que el nivel educativo de los estudiantes de América Latina tendrá una relación significativa con otros parámetros exógenos al ambiente escolar, como pueden ser las condiciones de vida del alumnado.

Al aceptar que las condiciones socioeconómicas en que se desenvuelven los alumnos que asisten a las escuelas también pueden erigirse como factores catalizadores (o limitantes) del aprendizaje de conocimientos y habilidades aportadas por la escuela, se deben buscar ahora variables capaces de representar de manera adecuada esas condiciones.

Propuesta de Análisis Cuantitativo.

a) Marco teórico y objetivos.

En este punto se tiene clara la probable existencia de desigualdades en los niveles de escolaridad de cualquier nación. Con la particularidad de que las diferencias serán más notorias conforme menor es el grado de desarrollo. Incluso, en un mismo país podrán identificarse condiciones distintas a nivel regional por lo poco probable de encontrar que todas las porciones de su territorio muestren las mismas condiciones de vida. Por lo tanto se enfrenta un problema social de primera importancia, la desigualdad educativa a nivel regional, ambos hechos justifican analizarlo desde el punto de vista espacial.

Por otra parte, de las secciones anteriores se desprende la necesidad de determinar algún referente que permita "medir" el nivel de escolaridad, primer parámetro a establecer. Al mismo tiempo, quedó claro que deberían involucrarse otros elementos capaces de reflejar las condiciones socioeconómicas de la población estudiantil.

Prácticamente se disponen ahora de los lineamientos que se deben seguir para dimensionar el tamaño de las desigualdades educativas y el nivel socioeconómico de la población y solo falta recuperar el postulado o supuesto teórico que sustente el análisis cuantitativo a efectuar. Es innecesario buscar alguno muy sofisticado, ya que en principio es aceptable plantear qué:

El nivel de formación escolar estará relacionado con las condiciones socioeconómicas de la población.

De esta forma, el objetivo central de la investigación será el demostrar el cumplimiento, o no, del supuesto hipotético referido antes.

Sin embargo, queda pendiente otro objetivo básico, el cual puede ser:

Identificar las porciones de territorio que presentan niveles educativos bajos y, de ser posible, encontrar las variables con desempeño menos favorable.

Del supuesto hipotético derivan dos necesidades. La primera se refiere a cómo podría determinarse el nivel de la situación escolar. Lógicamente la segunda atiende a la forma de medir las condiciones socioeconómicas de la población. Así, es posible proponer los siguientes objetivos secundarios, a manera de etapas que deberán seguirse para alcanzar las dos metas principales del estudio:

1. Formar un índice numérico capaz de representar el nivel de escolaridad.
2. Formar un índice numérico que refleje las condiciones socioeconómicas de la población.
3. Determinar el grado de asociación entre los índices señalados en los puntos 1 y 2.
4. Identificar las zonas con mayores rezagos en su nivel escolar.

De manera tentativa puede estimarse que al concretar los cuatro objetivos indicados se podrá conocer la validez del supuesto teórico de inicio y, a la vez, destacar los lugares menos ventajosos en términos de sus condiciones, tanto escolares como socioeconómicas, del lugar a estudiar.

El siguiente paso es determinar el marco conceptual que posibilite cumplir los dos primeros objetivos secundarios. A este efecto sería deseable contar con variables como la disponibilidad y nivel de conocimientos de los docentes así como sus capacidades pedagógicas para transmitir la información; el equipamiento de salones, el acceso a bibliotecas e internet, la actitud de los alumnos hacia el aprendizaje, etcétera. Del mismo modo, se requerirían datos sobre las comodidades que el alumnado tiene en casa para favorecer la asimilación de conocimiento, el ambiente cultural en el hogar, grado de estudios de familiares y otros factores motivacionales favorecedores del aprendizaje.

Es fácil entender que este tipo de información es poco factible de conseguir en cualquier parte del mundo, a excepción de algunos ejemplos aislados derivados de estudios de caso concretos y solo a partir de muestras de escuelas (si acaso fueron

más de una), docentes y alumnos. Por el contrario, ampliar la escala de análisis a todo un país limitará seriamente el detalle que pueda obtenerse sobre los niveles educativos y socioeconómicos de la población. Ante esta circunstancia la opción es amoldarse a la información disponible, buscando sea de la mayor precisión posible. Por ende, es momento oportuno para elegir el caso de estudio que ocupará este ejemplo de aplicación.

Es importante recordar que el investigador o grupo de especialistas que se interesan en analizar un lugar específico deben conocerlo con el mayor detalle posible. Hasta el punto de estar en posibilidad de anticipar lo que esperan obtener en cuanto a patrones de distribución espacial del hecho geográfico o problemática investigada. Ese supuesto difícilmente podrá cumplirlo un grupo de personas sin contacto con el lugar.

Un principio similar aplica también para la elección de variables. Por ejemplo, en este caso se tiene un conocimiento aceptable de las problemáticas educativas de México así como de sus condiciones socioeconómicas. En consecuencia, también se conocen las fuentes de información (INEGI, 2010; INEGI, 2013; SEP, 2011), tanto oficiales como otras secundarias. Las anteriores son ventajas significativas que facilitan identificar las variables más cercanas a lo idóneo y el cómo tener acceso a ellas. Cualquier país de América Latina podría ser caso adecuado de estudio, puesto que en su mayoría comparten condiciones similares e intermedias de desarrollo. Sin embargo, a partir de las razones aducidas antes se eligió analizar México, a partir de las 32 entidades federativas que integran su división política.

b) Marco conceptual del análisis.

A partir del marco territorial seleccionado, en este caso las 32 entidades federativas de México, corresponde ahora definir las variables disponibles en los bancos de datos oficiales capaces de reflejar, por una parte los niveles educativos y, por la otra, los niveles socioeconómicos de la población.

En este punto del estudio es recomendable señalar que, en lugar de tomar en cuenta la mayor cantidad posible de variables, en la búsqueda de la mayor representatividad de las mismas (ideal en muchos casos), para este trabajo sería inconveniente hacerlo, ya que se ampliarían en gran medida las combinaciones de ellas haciendo más complicada la interpretación de los resultados a obtener. Aquí es preferible elegir un número moderado de variables a condición de que cada una pueda considerarse suficientemente representativa del entorno que se busca cuantificar. En ese sentido se proponen los siguientes referentes, sin mayor justificación al respecto de la pertinencia de los mismos:

1. Número de docentes.
2. Número de alumnos.
3. Asistencia escolar.
4. Población alfabetizada.
5. Grado promedio de escolaridad.

Para caracterizar condiciones de educación en este caso práctico son suficientes las cinco opciones enlistadas. Sin embargo, el tomar variables solas haría necesario llevar a cabo numerosos análisis uni-variados, repetitivos y poco representativos de las posibles relaciones encontradas. Si se emplean solamente

variables absolutas (como las presentadas aquí), los resultados se limitarán a reproducir el tamaño demográfico de cada unidad territorial cuantificada; por ejemplo, cualquier variable de educación (total de docentes, de alumnos, etcétera) tendrá valores altos en cualquier lugar con población numerosa y, por omisión resultará en cantidades menores para lugares con escasos habitantes.

Por las razones expuestas antes, se decidió formar indicadores a partir de las cinco variables postuladas. Cada uno de ellos resultará de la relación que exista entre dos o más variables solas. Mediante este recurso se demostrará un comportamiento más original de cada uno de estos referentes, convirtiendo cada indicador en un factor independiente de la dimensión demográfica, por lo cual será difícil anticipar su valor (García de León, 2012). En estos términos se proponen cinco indicadores de índole educativa listados en el Cuadro 1.

Al contar con esta serie de indicadores, viene al caso pensar en la posibilidad de estructurar un índice global, obtenido mediante alguna técnica multivariada propia de la Geografía Cuantitativa, que funcione como un índice representativo de la formación escolar. De concretar esta opción, se conseguirá el primero de los objetivos secundarios que se establecieron en la sección relativa a marco teórico.

Del mismo modo con la meta de obtener el otro índice, ahora de condiciones socioeconómicas, es necesario identificar valores relacionados con ese ámbito. Para el caso mexicano se puede recurrir a la experiencia desarrollada por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), institución gubernamental encargada de la política demográfica al generar un Índice de Marginación Socioeconómica (CONAPO, 2011), a partir del cual se distribuyen los apoyos económicos a la población más desprotegida del país.

El índice CONAPO se calcula a partir de nueve indicadores, de los cuales uno refiere el nivel de urbanización (habitantes que residen en localidades con menos de 5,000 habitantes), otro las condiciones de ingreso económico (empleados con ingreso mayor de 2 salarios mínimos), dos más son de aspectos educativos (población alfabetizada y personas que no terminaron la educación Primaria); mientras que los cinco restantes representan disponibilidad de servicios básicos en la vivienda. Se puede observar que se trata de un índice relativamente asimétrico en su composición, excepto en cuanto a la situación de las viviendas.

Cuadro 1. Propuesta de indicadores para determinar el Índice de Escolaridad y el Índice de Vivienda (Socioeconómico) en 2010

Indicadores educativos
1. Número de docentes por 100 alumnos (Ciclo 2010-2011, Nivel: Primaria).
2. Número de docentes por escuela (Ciclo 2010-2011, Nivel: Primaria).
3. Porcentaje de la población de 12 a 17 años que asiste a la escuela.
4. Porcentaje de población mayor de 15 años alfabetizada.
5. Grado promedio de escolaridad para población mayor de 14 años.
Indicadores de vivienda (socioeconómicos, 2010)
6. Porcentaje de ocupantes en viviendas sin drenaje ni excusado
7. Porcentaje de ocupantes en viviendas sin energía eléctrica
8. Porcentaje de ocupantes en viviendas sin agua entubada
9. Porcentaje de viviendas con algún nivel de hacinamiento
10. Porcentaje de ocupantes en viviendas con piso de tierra

Fuente: Elaboración propia.

Con base en la información disponible parece viable generar un índice socioeconómico ocupando los cinco indicadores de vivienda, ya que CONAPO elaboró toda una argumentación sobre la capacidad de este parámetro para reflejar el bienestar (o la marginación) de la población (CONAPO, 2012:12-13). En contraste, es innecesario incluir aquí los dos referentes de educación, puesto que ya están contemplados en el índice educativo. Al mismo tiempo, el grado de ingreso puede suponerse asimilado al parámetro de vivienda, bajo el supuesto de que las mejores condiciones en un hogar derivan, por lo general, de la capacidad adquisitiva familiar. En tanto que la urbanización puede dejarse de lado, ante su menor capacidad indicativa. Para fines de estructurar un índice socioeconómico se proponen los cinco indicadores de vivienda enlistados también en el Cuadro 1.

c) Análisis cuantitativo multivariado.

Para emprender la siguiente etapa metodológica se cuenta ya con la unidades espaciales de estudio (las 32 entidades federativas que integran México), la problemática a dimensionar (el nivel educativo de esas unidades territoriales), el supuesto hipotético a demostrar (el nivel educativo tendrá dependencia significativa con las condiciones socioeconómicas) y los indicadores numéricos de donde se buscará obtener, primero, un índice de escolaridad seguido por otro índice de condiciones socioeconómicas. Al determinar esos referentes quedarán cumplidos los dos primeros objetivos secundarios. Además, con ellos podrá demostrarse el grado de cumplimiento del supuesto hipotético que guía este ejercicio.

Debido a que se pretende desarrollar el presente ejercicio dentro en la línea de la Geografía Cuantitativa, es pertinente aplicar procesos estadísticos que contemplan la totalidad de la población (en cuanto a los datos sobre Educación) y de viviendas (para estructurar el índice socioeconómico) a partir de datos oficiales. Por el hecho de que la cobertura espacial del estudio (la totalidad de México) harían

altamente costoso, el levantar miles o centenares de miles de encuestas para obtener la información con la calidad requerida. Lo anterior obliga a realizar este estudio desde el gabinete, pero más adelante se explicará el porqué de este procedimiento cuando se refiera el trabajo de investigación y validación en campo.

Para continuar con la secuencia metodológica aquí propuesta se deben estructurar las bases de datos que integrarán los cinco indicadores educativos, por una parte, y los de vivienda por la otra. Debido a lo extenso de esa información se omitió incluirla en este material, ya puesto que cada tabulado involucra 10 indicadores para 32 casos, es decir, se trabajó una matriz de 320 elementos.

Para determinar los índices generales buscados, se tiene la opción de emplear el Análisis de Componentes Principales (Rozga *et al*, 2010), siendo este el método más común a nivel internacional, a pesar de ser un tanto complejo y generar resultados apenas generales, pues dependen de una correlación significativa entre los indicadores cuantificados, la cual es difícil de alcanzar. Por esa razón, se prefirió aplicar la técnica del Valor Índice Medio (García de León, 1989) ya que las etapas que contempla son relativamente sencillas y se llega a resultados equivalentes a los del análisis factorial aparte de contar con otras ventajas adicionales.

La técnica del índice medio inicia con la transformación de los valores originales de cada indicador a unidades tipificadas, a partir del promedio estatal y de la desviación típica de cada uno de ellos. En la siguiente etapa de cálculo, esas unidades se convierten en calificaciones según suposición respecto a la media estatal. La última fase de esta técnica lleva a promediar las cinco calificaciones que caracterizan cada unidad espacial en el indicador respectivo, formando así el Valor Índice Medio respectivo.

A partir del índice relativo a educación se clasificaron los 32 casos federales en tres categorías según su situación respecto al promedio nacional, buscando un comportamiento ajustado a la curva de distribución normal. Para este fin, el analista debe tomar la iniciativa para indicar al SIG cuáles deben ser los límites de cada una de las categorías en que pretenda clasificar las unidades territoriales cuantificadas. Se esta decisión se deja en manos de las opciones estadísticas pre-programadas, la estructuración de categorías responderá meramente a algoritmos matemáticos los cuales están lejos de considerar particularidades propias de los lugares bajo estudio.

El conjunto resultante se presenta en el Cuadro 2 y permite determinar que nueve casos demostraron las mayores carencias educativas, encabezadas por Guanajuato, San Luis Potosí y Chiapas. Por el contrario, otras diez entidades (incluyendo al Distrito Federal, donde se ubica la capital federal) consiguieron los valores más altos. Las trece unidades restantes pueden considerarse en condiciones cercanas al promedio nacional.

Cuadro 2. México: Índice de Condición Escolar por Entidad Federativa e indicadores que lo estructuran

Entidad Federativa	Docentes por Escuela Ciclo: 2010/2011	Docentes por 100 alumnos Ciclo: 2010/2011	% de población de 15 años y más Alfabeta	% de población de 12 a 17 años que Asiste	Mayores de 14 años Grado Promedio de Escolaridad	Índice de Condición Educativa
Guanajuato	2	2	2	3	3	2.40
San Luis Potosí	3	2	2	4	2	2.60
Chiapas	3	2	3	3	3	2.80
Campeche	2	5	2	4	2	3.00
Michoacán	3	3	3	3	3	3.00
Querétaro	2	3	4	2	4	3.00
Puebla	4	3	3	3	3	3.20
Veracruz	3	5	3	2	3	3.20
Yucatán	4	3	3	4	2	3.20
Chihuahua	4	2	5	2	4	3.40
Hidalgo	3	4	3	4	3	3.40
Jalisco	2	3	5	3	4	3.40
Tabasco	3	3	2	5	4	3.40
Zacatecas	3	4	4	3	3	3.40
Durango	3	5	5	3	2	3.60
Guerrero	3	6	3	3	3	3.60
Oaxaca	3	6	3	3	3	3.60
Tamaulipas	2	3	5	4	5	3.80
Aguascalientes	5	3	5	2	5	4.00
Morelos	5	6	4	2	4	4.20
Quintana Roo	5	3	4	4	5	4.20
Tlaxcala	6	2	4	5	4	4.20
Colima	4	6	4	4	4	4.40
Nayarit	3	6	4	5	4	4.40
Coahuila	4	4	6	4	6	4.80
México	6	3	5	5	5	4.80
Sinaloa	3	6	4	6	5	4.80
Sonora	5	3	5	6	5	4.80
Baja California	6	3	5	6	5	5.00
Nuevo León	6	4	5	4	6	5.00
Baja California Sur	5	5	5	6	5	5.20
Distrito Federal	6	4	6	6	6	5.60

Fuente: Cálculos propios con datos del Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2010; 2013) y de la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2011).

El tabulado referido antes es adecuado para visualizar la distribución de casos con respecto al promedio nacional y también facilita, por ejemplo, observar las diferencias (o semejanzas) entre los casos federales extremos. A pesar de la información valiosa del Cuadro 2, todavía es necesario representar en cartografía adecuada la distribución de las entidades federativas correspondientes a cada una de las tres categorías elegidas. Esta etapa es obligada ante el interés de analizar con detalle debido al enfoque geográfico que se estableció desde el inicio de esta propuesta metodológica. Se hace necesario plasmar esa información en un mapa que haga factible realizar el análisis espacial respectivo.

Aprovechando las opciones cartográficas que ofrecen los SIG, en este caso el software ArcGIS 10.1, se elaboró la Figura 1 donde aparecen representadas las 32 entidades clasificadas de acuerdo a la categoría en la cual se ubicaron.

En la Figura 1 se observa que los mejores resultados en términos del Índice Educativo correspondieron a diez unidades territoriales, seis de ellas ubicadas en la mitad norte de México. De ellas, cinco entidades formaron un corredor geográfico de amplia extensión, a lo largo del noroeste de México. Esta concentración era de esperarse ante el poderío industrial de las entidades fronterizas o cercanas a los Estados Unidos. Entre los tres casos restantes se encontró a Colima, de manera un tanto inesperada, además del Estado de México y el Distrito Federal. Los dos últimos eran predecibles, ya que forman la llamada Zona Metropolitana de la Ciudad de México, donde se asienta la capital nacional, lugar que cuenta con los niveles más altos en la mayor parte de los parámetros relacionados con aspectos del desarrollo socioeconómico.

Las condiciones opuestas (niveles educativos desfavorables) correspondieron a otras nueve entidades, todas ellas insertas en diversos patrones de distribución espacial, significativamente compatibles entre sí. Primero, se destaca un “corredor” regional (Figura 1) que va desde el centro occidente hasta el Golfo de México y llega hasta Chiapas; de ahí sigue a la península de Yucatán, en el extremo oriental del país. Viene a ser interesante la manera en que se enlazaron los casos contemplados en esta categoría, con plena vecindad geográfica, patrón favorable para encauzar hacia esas áreas del país los mayores esfuerzos para mejorar las condiciones educativas de esas porciones del país.

Figura 1. México: Patrones de distribución territorial del Índice de Condición Educativa



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2010; 2013) y de la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2011).

Los otros trece casos se caracterizaron por un comportamiento similar al del promedio nacional. Bajo esa circunstancia puede afirmarse que ninguno de ellos está en las condiciones educativas deseables, pero tampoco caen a niveles capaces de generar preocupación. Ante tal perspectiva, por las generalizaciones que se proponen en este trabajo se decidió dejar de lado ahondar más allá en lo referente a este grupo intermedio.

Como se sabe, la Geografía Cuantitativa cuenta con diversas técnicas, buena parte de ellas empíricas y basadas en frecuentes salidas de campo. Sin embargo, al final del segundo párrafo de la presente sección se mencionó que una investigación de este tipo convenía iniciarla en el gabinete y de manera práctica.

La razón para proceder de esta forma es que a nivel gabinete pueden emplearse métodos de índole multivariada enfocadas a analizar un territorio amplio o compuesto por numerosas unidades espaciales. Antes se planteó la dificultad (técnica y económica) de aplicar encuestas representativas en tantos lugares a la vez a partir de trabajo de campo. En contraste, una vez completados los estudios, siempre en una escala general, será posible determinar cuáles son los casos extremos. Ya sean aquellos con un comportamiento que supera en mucho al promedio o los que se sitúan por debajo de ese referente. Al analizar con cuidado

esos dos grupos se identificarán los comportamientos anómalos respecto a la generalidad, convirtiéndolos en sujetos idóneos para ir a ellos (ahora sí, mediante trabajo de campo) a buscar los factores que los convirtieron en casos atípicos.

Cuadro 3. Índice de Vivienda por Entidad Federativa de México e indicadores que lo estructuran

Entidad Federativa	% Ocupantes de viviendas con drenaje y excusado	% Ocupantes en viviendas con energía eléctrica	% Ocupantes en viviendas con agua entubada	% Viviendas sin hacinamiento	% Ocupantes en viviendas con de calidad	Índice de Vivienda
Hidalgo	3	2	2	2	2	2.20
Campeche	3	2	2	3	4	2.80
Chiapas	2	3	3	3	3	2.80
Oaxaca	2	3	3	3	3	2.80
Guerrero	3	3	3	3	3	3.00
San Luis Potosí	2	3	3	4	3	3.00
Veracruz	4	3	3	2	3	3.00
Durango	2	3	4	5	2	3.20
Michoacán	4	4	2	4	3	3.40
Nayarit	2	3	4	4	4	3.40
Puebla	4	4	3	3	3	3.40
Sinaloa	4	5	4	2	2	3.40
Tabasco	4	5	3	3	2	3.40
Morelos	5	5	2	4	2	3.60
Guanajuato	3	4	4	4	4	3.80
Querétaro	3	2	4	5	5	3.80
México	4	5	4	2	5	4.00
Quintana Roo	4	4	4	3	5	4.00
Yucatán	3	4	5	3	5	4.00
Baja California Sur	5	3	4	5	4	4.20
Zacatecas	3	4	4	5	5	4.20
Chihuahua	4	3	4	6	5	4.40
Sonora	5	4	5	4	4	4.40
Tlaxcala	4	5	5	3	5	4.40
Tamaulipas	5	4	5	4	5	4.60
Colima	5	6	5	5	4	5.00
Aguascalientes	5	6	5	5	5	5.20
Baja California	5	5	5	6	5	5.20
Jalisco	5	5	5	6	5	5.20
Coahuila	5	6	5	5	6	5.40
Nuevo León	5	6	5	6	5	5.40
Distrito Federal	6	6	5	6	6	5.80

Fuente: Cálculos propios con datos del Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2010).

Aplicando los principios mencionados al ejemplo que nos ocupa, en lugar de requerir salidas de campo y emprender una costosa campaña de encuestas en las 32 entidades que forman los poco más de 1.9 millones de kilómetros cuadrados que ocupa el territorio nacional, será suficiente revisar en el sitio las condiciones de Colima (en el occidente del país), de Tabasco y Quintana Roo (ambos en la porción oriental), ya que fueron los únicos con resultados atípicos respecto a la de sus vecinos inmediatos (ver Figura 1). De manera similar se obtuvo el Índice de Vivienda de las 32 entidades federativas, también agrupadas en solo tres categorías, procurando generalizar las condiciones socioeconómicas de la población, tal como se observa en el Cuadro 3.

Aparte de las particularidades que puedan encontrarse en lo relativo a los valores índices obtenidos, destaca que cuatro de los nueve casos con calificaciones más bajas en el ámbito educativo de nueva cuenta se ubicaron en esta categoría, la más adversa de todas. Además de repetirse en el mismo grupo, San Luis Potosí y Veracruz son vecinos entre sí; mientras que Chiapas también habría formado una región específica en el sur, pero la continuidad entre ambas entidades se rompió

por la estrecha franja de territorio de Tabasco, quien podría haberse calificado en la misma categoría de los cuatro casos anteriores.

Figura 2. México: Patrones de distribución territorial del Índice de Vivienda



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2010).

Una situación similar la presentaron Coahuila y Nuevo León en la frontera noreste, entidades vecinas entre sí y con altos valores de sus índices en ambos parámetros. La tercera unidad territorial en esta misma situación fue el Distrito Federal, capital del país, la cual por sus características especiales resultó como caso único en el centro de país dentro de las mejores condiciones en ambos índices. De manera particular, la Figura 2 favorece observar la categoría en la cual se ubicó cada una de las entidades federativas, al tiempo que evidencia las regiones formadas mediante la clasificación efectuada.

Puede señalarse que las circunstancias más desfavorables en cuanto a la vivienda se encontraron en ocho entidades, seis de ellas ubicadas en la parte central y sur del país. Únicamente San Luis Potosí y Durango correspondieron al centro-norte de México. Aparte de lo anterior, es notoria la continuidad de todos estos casos (ver Figura 2), con la excepción de Durango al formar dos regiones, una sobre la vertiente del Golfo de México y la otra integrando las entidades federativas del sur (además de Campeche, al sureste).

En principio también se repitió la tendencia de los casos situados al norte del territorio nacional, en cuanto a sus mejores condiciones de vivienda, luego de identificar en esa porción la mitad de las entidades más favorecidas. Otras tres de ellas formaron una región al occidente del país, mientras que el Distrito federal volvió a destacarse como la mejor de México, pero queda como punto aislado en el centro, donde predominaron otras condiciones (medias y bajas).

Esta es una de las principales capacidades ofrecidas por las técnicas cuantitativas, al “reconocer” valores numéricos similares entre unidades espaciales contiguas, dentro de lo que se conoce como “región homogénea” (Gasca, 2009). Se cumplen los conceptos que definen ese tipo de regionalización, luego de que se considera un área que demuestra homogeneidad en su comportamiento, a partir de reflejarse en ella los parámetros con que se formaron dos familias de indicadores con las cuales se sustentó este ejercicio práctico.

Es importante destacar que una vez obtenida la cartografía que permitió efectuar el análisis espacial de las categorías determinadas, queda cubierto el segundo objetivo principal que encauza la presente investigación.

Análisis de correlación bivariado.

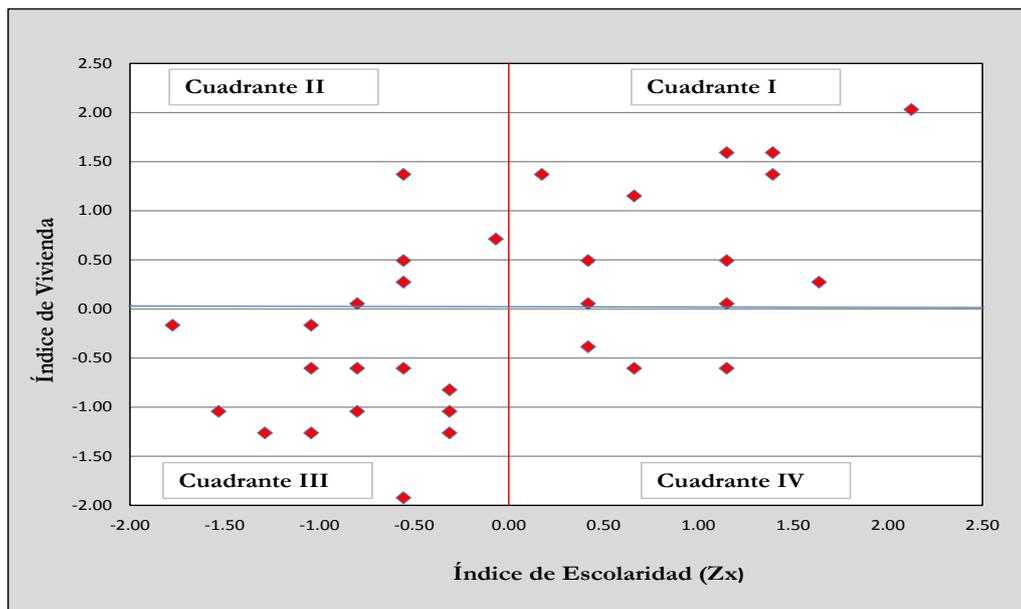
Dentro del procedimiento propuesto aquí, ahora es necesario determinar el nivel de relación que guardan los índices resultantes de cada uno de los dos parámetros evaluados. De acuerdo con el postulado hipotético, a mayor valor del índice educativo debería corresponder un valor también grande del índice de vivienda. O por el contrario, un índice bajo de vivienda debería estar acompañado por otro de similar magnitud en el índice educativo. Este comportamiento corresponde con un valor cercano a +1.00 en el coeficiente de correlación lineal “r” de Pearson (Pagano, 2011).

Pero de encontrarse una correlación baja (cerca a 0.00) se tendría que concluir que, contra lo que afirman los argumentos teóricos presentados al inicio de este estudio, los niveles educativos serían más bien independientes de las condiciones socioeconómicas, al menos en las entidades federativas que forman México.

La simple inspección de la Figura 3 permite apreciar una especie de nube de puntos, cada uno de ellos representando alguna de las 32 entidades federativas estudiadas, en la posición obtenida dentro del sistema de ejes coordenados X, Y. Si bien a primera vista la dispersión es clara, también es notoria una tendencia de los puntos a concentrarse sobre los cuadrantes impares. Esa dispersión “amortiguada” confirma la existencia de una relación entre mediana y alta con respecto a los dos índices evaluados.

Por otra parte, para lograr una confirmación completa de la hipótesis que sustenta esta investigación, todos los puntos deberían colocarse de manera simétrica hasta perfilar una línea recta casi perfecta y de pendiente positiva (García de León, 2012), es decir, que avanzarían del cuadrante inferior izquierdo (Cuadrante III) hacia el cuadrante superior derecho (Cuadrante I). Al revisar el valor del coeficiente de correlación ($r= 0.682$) queda clara una asociación aceptable, pero de ninguna manera perfecta, entre los dos índices.

Figura 3. Relación entre el índice educativo y el de vivienda en México



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2010; 2013) y de la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2011).

Es importante precisar que cada uno de los cuadrantes que estructuran este sistema coordenado tiene características muy particulares. Como se aprecia en la Figura 3 los cuadrantes se generan a partir del trazo de dos líneas que representan los valores promedio para cada índice. Por lo tanto, el primer cuadrante agrupará los casos en los cuales ambos referentes superan el promedio respectivo y cumplen así la hipótesis de partida. Lo mismo sucede con las unidades espaciales del tercer cuadrante, ubicadas por debajo de la media en ambos referentes, por lo que también cumplen el principio hipotético.

Recuperando la información presente en los tabulados originales, se encuentra que el primer cuadrante acumuló once entidades federativas, con la peculiaridad de que seis de ellas correspondieron otra vez a la frontera norte del país (Figura 3) reiterando sus mejores condiciones económicas. Luego de las anteriores únicamente otras tres correspondieron al centro del país (el Estado de México, Distrito Federal y Tlaxcala), en tanto que las tres restantes quedaron dispersas en varias zonas (Colima, Aguascalientes y Quintana Roo), representando casos de excepción que demandan estudios de caso a mayor detalle.

Al mismo tiempo, los trece casos del Cuadrante III con valores índice inferiores al promedio nacional en ambos parámetros, formaron una amplia región sobre la mitad sur del país (Figura 4). Se trata de una asociación de casos consistente y que responde en buena parte a la realidad. Conviene especificar que superó incluso las estimaciones más optimistas de encontrar pautas espaciales bien definidas. En resumen, los cuadrantes primero y tercero sumaron 24 casos. Como se puede observar suponen 75 por ciento del total de unidades existentes. Todas ellas

demonstraron que el valor de los índices de vivienda deben guardar una relación estrecha con los de educación.

Por otra parte, las restantes ocho entidades federativas quedaron agrupadas en los cuadrantes dos y cuatro. Tales cuadrantes son justamente los que contradicen el principio hipotético que orienta esta investigación, ya que el segundo corresponde a un índice educativo bajo pero el de vivienda supera la media nacional. En el cuarto cuadrante sucede lo inverso, puesto que cualquiera de los casos ahí ubicados superará el promedio educativo, pero estará por debajo de ese referente en cuanto al de vivienda.

Figura 4. México: Entidades Federativas clasificadas según su condición respecto al promedio nacional Educativo y de Vivienda



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2010; 2013) y de la Secretaría de Educación Pública (SEP, 2011).

Conclusiones.

Se espera que la propuesta metodológica desarrollada en este trabajo sea útil para ejemplificar como abordar el análisis espacial de un conjunto de unidades territoriales dentro de un enfoque geográfico.

Puede aceptarse ilustrativa para recordar seis puntos que se consideran fundamentales para cumplir los requerimientos de una investigación de corte cuantitativa. Primero, estuvo centrada en una problemática social significativa y, además, con suficiente potencial para afectar a un número elevado de personas o grupos sociales, por cierto casi siempre los más vulnerables. La investigación se sustentó en un postulado hipotético convincente y viable de demostrar. Para determinar el alcance territorial de esa problemática se generó la cartografía temática necesaria para sustentar un análisis espacial. Las tres figuras elaboradas permitieron identificar patrones específicos de distribución espacial de las condiciones en que se encontraban las unidades valoradas. Finalmente, se trabajó un espacio conocido para el analista, hecho que facilitó la selección, acceso y adecuado procesamiento de las variables de inicio, que luego se transformaron en indicadores cuantitativos.

Como puede observarse, la combinación de una técnica multivariada (del Valor Índice Medio) con otra bi-variada, permitió que el cumplimiento de la hipótesis inicial no fuera necesariamente absoluto. En este ejemplo de aplicación resultó que 24 unidades federativas se apegaron al supuesto hipotético, mayoría indicativa de que el supuesto teórico es significativamente aceptable, pero se dio paso a aceptar la existencia de excepciones, alejados de la expectativa inicial y candidatos a una evaluación a mayor detalle.

Se evidencia así la necesidad de complementar esta primera fase, elaborada en gabinete, con suficiente trabajo de campo en los lugares que resultaron ser de alguna manera atípicos. Esta opción técnica deja abierto al interés del investigador el ahondar en las razones que impidieron a esa cuarta parte de los casos ajustarse al modelo hipotético. De hecho, a partir del Cuadro 2 y Cuadro 3 es posible identificar con precisión los indicadores que generaron esa anomalía, alternativa que representa otra ventaja adicional de la técnica estadística aplicada para realizar las clasificaciones.

Para un libro como el presente, centrado en teoría y métodos propios de la Geografía Cuantitativa, podrían mencionarse otras conclusiones también importantes derivadas de este trabajo. Dentro de las mismas y en el contexto didáctico, seguramente la de mayor trascendencia es el especificar que esta propuesta metodológica puede adaptarse al dimensionamiento de otras problemáticas similares a la educativa. Siempre y cuando abarque temáticas relacionadas con personas y grupos humanos susceptibles de ser afectados por circunstancias negativas y abarque espacios específicos.

Bibliografía

Backhoff, E.; Bouzas, A.; Contreras, C.; Hernández E.; García, M. (2007). Factores escolares y aprendizaje en México: El caso de la educación básica y el aprendizaje en México. Reportes de Investigación. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. Primera Edición 2007. México. ISBN 978-968-5924-27-6.

Bárcena, A.; Serra, N. (2010). Clases Medias y Desarrollo en América Latina. CEPAL. Santiago de Chile, 2010. ISBN: 978-84-92511-23-5.

Bryk, A.S.; Lee, V.E.; Smith, J.B. (1990). High school organization and its effects on teachers and students: An interpretative summary of the research. En W.H. Clune y J.F. Witte (Eds.), Choice and control in American education. The theory of choice and control in education (vol. 1, pp. 135-226). London: Falmer Press.

Burton, I. (1963). The Quantitative Revolution and Theoretical Geography. *The Candian Cartographer*. 7:151-162.

Buzai, G.D. (2001). Paradigma geotecnológico, Geografía Global y Cibergeografía. La gran explosión de un universo digital en expansión. *GeoFocus*. 1-24-48.

Coleman, J. S., Campbell, E., Hobson, C., McPartland, J., Mood, A., Weinfeld, F. y York, R. (1966). Equality of educational opportunity. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

Consejo Nacional de Población CONAPO (2012). Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010. Primera edición: junio de 2012. ISBN: 978-607-427-125-6

Fuller, B.; Clarke, P. (1994). Raising schools effects while ignoring culture? Local conditions and the influence of classrooms tools, rules, and pedagogy. *Review of Educational Research*, 64, 119-157.

García de León, Armando (1989). "La Metodología del Valor Índice Medio". Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Número 19. México. pp.69-87.

García de León, A. (2012). "Causalidad entre calidad educativa y condiciones de vivienda en Michoacán: Una propuesta metodológica". En: Libro electrónico de los trabajos presentados en el 17º Encuentro Nacional sobre desarrollo regional en México, AMECIDER 2012. Instituto de Investigaciones Económicas UNAM. Primera edición: 31 de agosto 2012. ISBN: 978-607-02-3448-4. México. Tiraje: 600 ejemplares. Tamaño: 600 Mb.

Gasca, J. (2009). Geografía Regional: la región, la regionalización y el desarrollo regional en México. Temas Selectos de Geografía de México. Instituto de Geografía UNAM. México, enero 2009. ISBN: UNAM 978-607-02-0420-3. 156 p.

Hanushek, E. A. y Luque, J. A. (2003). Efficiency and equity in schools around the world. *Economics of Education Review*, 22, 481-502.

Heyneman, S.P.; Loxley, W.A. (1983). The effect of primary-school quality on academy achievement across twenty nine high-and-low income countries. *American Journal of Sociology*, 88(6), 1162-1194.

INEE. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. Panorama Educativo de México (2008).
http://www.inee.edu.mx/bie/mapa_indica/2008/PanoramaEducativoDeMexico/AR/AR03/2008_AR03_.pdf
[Acceso: 12/mayo/2012]

Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda 2010.
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>
[Acceso: 13/Enero/2012]

Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI (2013). Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos por entidad federativa 2014. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. ISBN 978-607-739-387-0. 774 p.

Johnston, R.J. (1987). *Geography and Geographers. Anglo-American Human Geography since 1945*. Edward Arnold. London. (3rdEdition).

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), (2012). *Panorama de la educación. Indicadores de la OCDE 2012. InformeEspañol*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Instituto Nacional de Evaluación Educativa. Madrid, 2012. NIPO: 030-12-307-4. Edición 2012.

Radenbush, S.W.; Willms, J.D. (1992). The impact of racial and ethnic segregation on the achievement gap in California high schools. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 14(4), 377-396.

Rossetti, M. (2014). La segregación escolar como un elemento clave en la reproducción de la desigualdad. Serie: Políticas Sociales. Publicación de las Naciones Unidas. ISSN 1564-4162. Junio de 2014. Santiago de Chile.

Rozga, R., García de León, A., Delgadillo, J. (2009). *Técnicas para el análisis regional. Desarrollo y aplicaciones*. Felipe Torres Torres (Coordinador); Editorial Trillas. México. pp. 248. ISBN 978-607-17-0241-8

SEP. Secretaría de Educación Pública (2011). Prueba de Evaluación Nacional de Logro Académico en Centros Escolares (ENLACE).
<http://www.enlace.sep.gob.mx/ba/> <Acceso: 07/mayo/2012>

Trucco, D. (2014). Educación y desigualdad en América Latina. Serie: Políticas Sociales. Publicación de las Naciones Unidas. ISSN 1564-4162. Junio de 2014. Santiago de Chile.

United Nations Development Programme (UNDP), (2015). *Human Development Reports. Human Development Report 2014*. Table 1: Human Development Index and its components.

<http://hdr.undp.org/en/data>

[acceso: 02/Julio/2015]

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), (2015). *Constitución de la UNESCO*.

<http://portal.unesco.org/es/ev.php>

URL_ID=15244&URL_DO=DO_PRINTPAGE&URL_SECTION=201.html

[acceso: 25/Junio/2015]

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 2008. Declaración Universal de Derechos Humanos. Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 10 de diciembre de 2008. ISBN: 978-956-322-002-5.

Pagano, R. (2011). Estadística para las ciencias del comportamiento. CENGAGE Learning Editores, S.A. 9a Edición. México, 2011. 599 p.

Willms, J.D. (2006). Learning Divides: Ten Policy Questions about the Performance and Equity of Schools and Schooling Systems. Report prepared for UNESCO Institute for Statistics.

Willms, J.D.; Somers, M.A. (2001). Family, classroom, and school effects on children's educational outcomes in Latin America. *International Journal of School Effectiveness and Improvement*, 12 (4), 409-445.

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA SALUD

Gustavo D. Buzai

Introducción

Podemos afirmar que después de pasada la primera década del siglo XXI se ha concluido el camino recorrido hacia la incorporación de las metodologías geográficas del análisis espacial cuantitativo en el ambiente computacional bajo el concepto de Geoinformática (Buzai, 2015a). Estas metodologías brindaron el sustento a las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) que hoy son utilizadas para el abordaje de problemáticas socioespaciales en diversos ámbitos de aplicación.

Herramientas digitales que componen el ámbito de la Geoinformática, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE) presentan el desarrollo tecnológico que concretan importantes posibilidades en el marco de una Geografía Aplicada.

En este contexto, de acuerdo con el trabajo de Gatrell (2003), la Geografía de la Salud ha sido una de las líneas temáticas que ha podido tener mayor receptividad al uso de las tecnologías digitales basadas en la cuantificación. Ha incorporado un amplio espectro de posibilidades tanto para el estudio de las distribuciones y asociaciones espaciales entre población y enfermedad, como para el análisis espacial de los servicios de atención.

El presente capítulo tiene como objetivo desarrollar un panorama inicial y actualizado del Análisis Espacial de la Salud como principal posibilidad aplicativa en Geografía de la Salud.

Se presentan aspectos teórico-metodológicos que justifican las líneas de aplicación en Geografía de la Salud y los conceptos fundamentales de naturaleza espacial que permiten su vinculación directa al ámbito de la Geoinformática. Se presentan aspectos técnicos realizando una clasificación de las herramientas de software en la cual se llega a la especificidad de los SADE y finalmente se incorporan una serie de casos de aplicación en las principales líneas definidas.

A través de estos ejemplos quedará en evidencia el alto potencial que tiene el análisis espacial cuantitativo aplicado al Análisis Espacial de la Salud. Principalmente al combinarse teoría, metodología y técnica en la búsqueda del conocimiento de lógicas

espaciales y con ello apuntar al más eficiente accionar en cuanto a la investigación, gestión y planificación en el ámbito espacial de la salud.

Alcance temático

Desde un punto de vista deductivo la temática analizada se vincula forma general al estudio de la salud como sistema formado por las cuatro dimensiones (Howe, 1985): (1) biología humana, (2) ambiente, (3) forma de vida, y (4) sistema de asistencia médica.

De acuerdo con las tendencias actuales la Geografía como ciencia ligada al uso de las actuales tecnologías de análisis espacial puede brindar utilidad principalmente en dos de estas dimensiones.

La dimensión 2 definiría el campo de la Geografía Médica, la cual pone su foco de atención considerando principalmente la relación clásica del hombre con el medio, en este caso, más específicamente la del cuerpo humano con los elementos del entorno que tienen incidencia sobre su salud. Se aborda principalmente un espacio de correlación y difusión.

La dimensión 4 definiría el campo de la Geografía de los Servicios de Salud considerando los centros de atención médica como puntos de oferta, a los pacientes que llegan en búsqueda de atención como demanda espacialmente distribuida y la focalización en el análisis espacial de estas relaciones se realizaría con la finalidad de lograr una mayor eficiencia y equidad espacial en el espacio funcional.

Ambas dimensiones, ligadas a líneas de abordaje temático, son las que según Olivera (1994) comprenden el campo de la Geografía de la Salud. Por lo tanto, ambas líneas presentan una importante autonomía en sus modelos de problemas y soluciones, y al mismo tiempo, en los métodos aplicados para encontrarlas.

Definiciones conceptuales y técnicas

La utilización de la tecnología SIG en Geografía de la Salud se sustenta en la denominada *Geografía Automatizada* complejo conceptual que fue estandarizado en el ambiente computacional y que permiten disponer de diversos procedimientos de análisis geográfico a través del uso de las nuevas tecnologías digitales.

Desde un punto de vista técnico encontró su mayor sustento en los componentes de la *Geoinformática* como combinación de variado *software* utilizado para el tratamiento de información geográfica y que encuentra en los SIG su posibilidad de combinación amplia. Los SIG son el núcleo de la Geoinformática al combinar bases de datos gráficas y alfanuméricas sobre un sistema de coordenadas y evolucionan por verticalización apoyado por los SADE generados para procedimientos específicos.

A través de estas combinaciones teórico-técnicas el análisis espacial de la salud recorre la totalidad de posibilidades del análisis geográfico cuantitativo a partir de basarse en los cinco conceptos fundamentales del análisis espacial (Buzai, 2015b): (a) Localización, (b) Distribución espacial, (c) Asociación espacial, (d) Interacción espacial, y (e) Evolución espacial.

La correspondencia entre los aspectos conceptuales formados por el alcance temático y los conceptos fundamentales del análisis espacial son los que brindan sustento a las diferentes aplicaciones en los dos grandes componentes de la Geografía de la Salud.

Análisis Espacial en Geografía de la Salud

Considerando los dos grandes componentes de la Geografía de la Salud, se presentan en este punto una serie de ejemplos de aplicación que pueden ser incorporados en cada una de ellas.

Geografía Médica

Las aplicaciones posibles en esta línea de trabajo son amplias y variadas. Para el estudio de las distribuciones puntuales se incluyen el análisis de tendencias central y los modelados por isolíneas y cálculo de densidades focales (*kernel*) con las consiguientes posibilidades de superposición temática. Para el estudio de distribuciones areales se incluyen el análisis univariado por cartografía temática, el análisis bivariado y trivariado dentro del análisis exploratorio de datos espaciales (ESDA), búsqueda de correspondencias espaciales por superposición cartográfica y procedimientos de evaluación multicriterio en la búsqueda de escenarios alternativos para la erradicación de enfermedades, procedimientos de clasificación multivariada en la búsqueda de áreas homogéneas, análisis de concentración espacial, análisis de autocorrelación espacial global y local, y la aplicación de métodos de regresión múltiple simple y ajustada geográficamente.

A continuación se presentan ejemplos de aplicación que presentan el uso de cartografía temática, análisis exploratorio de datos espaciales y análisis de autocorrelación espacial.

Cartografía Temática

Se considera a la cartografía temática como campo científico que tiene por objetivo la realización de mapas de cualquier tipo de tema que exceda la única representación de los rasgos del terreno, es decir, tiene que mostrar información diferente a la que se percibe visualmente en el área de estudio analizada. Sus resultados intentan brindar apoyo a diversos campos científicos y ser de utilidad en planificación y gestión territorial, como así también para la comunicación sintética, a nivel cartográfico, hacia usuarios de diversas profesiones y el público en general.

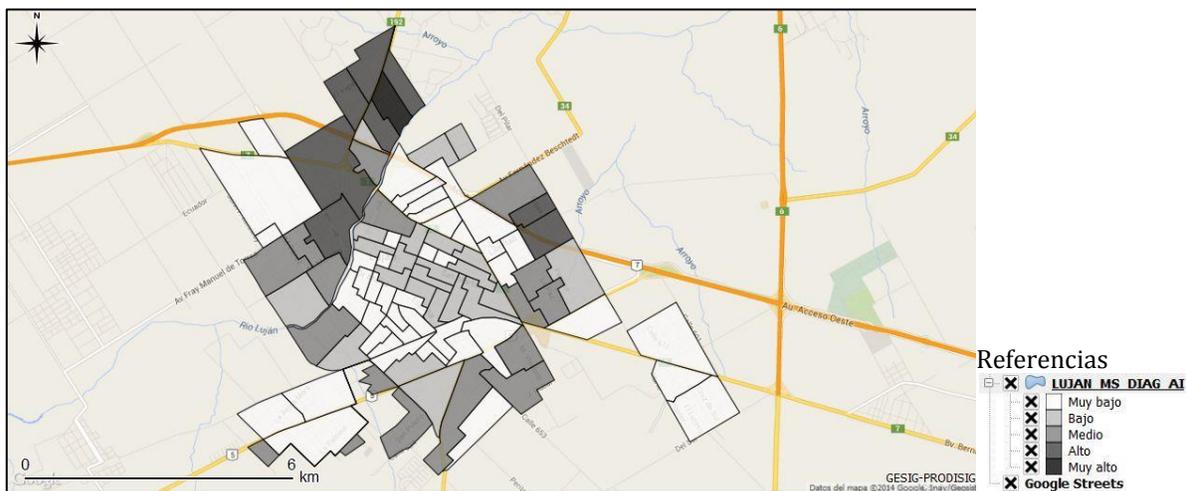
Las posibilidades de representación de acuerdo a su amplitud temática son muy grandes y variadas, por lo cual cada uno de estos mapas se confecciona orientado hacia un propósito específico, aunque desde un punto de vista general, se centran en el análisis de las distribuciones espaciales individuales y sus posibles correlaciones. Un recorrido histórico respecto de las representaciones cartográficas en Geografía de la Salud puede encontrarse en la obra de Koch (2005) y su focalización en las posibilidades actuales en Curto (2003).

Todo mapa es un modelo del mundo real que cuenta con una serie de especificaciones propias: proyección, sistema de coordenadas y escala. Ante las nuevas tecnologías, la diferenciación, como se ha visto, sucede por el cambio de ambiente, ya que estas representaciones pasan a ser un modelo digital de la realidad.

Existen diversas maneras de representar aspectos temáticos. El primer paso es la definición de un mapa base con la localización propia de cada unidad espacial considerada y luego se define el sistema de gráfica temática (Paso Viola, 2003): utilizar esquemas diagramáticos en base a datos estadísticos (*cartogramas*), la combinación de mapas con diagramas insertos (*cartodiagrama*), presentar distribuciones a través del trazado de puntos aleatorios o regulares, generar isóneas a partir de datos puntuales o llevados a puntos con un posible avance en 3D, generar unidades espaciales de diferentes tamaños a partir de la magnitud de sus valores (anamorfosis o cartogramas de distorsión), o simplemente, la realización de mapas en los cuales se determina un color a partir de un valor asignado a las unidades espaciales (*coropléticos*).

Estas posibilidades pueden ser utilizadas en Geografía de la Salud, aunque de ellas las más frecuentemente encontradas son los mapas puntuales con localizaciones específicas y los mapas coropléticos al momento de representar la distribución espacial asignada a unidades areales.

**Figura 1. Mapa coroplético
Ciudad de Luján (Argentina). Distribución espacial de enfermedades mentales**



Método cortes naturales (mapa superpuesto a Google Earth / Street View)

Desde un punto de vista estadístico espacial, la representación cartográfica de un tema se enmarca en las tareas del análisis univariado. A partir de estudiar estas localizaciones y distribuciones el siguiente paso es ampliar la complejidad mediante la incorporación de otras variables y analizarlas en conjunto con la finalidad de descubrir sus relaciones.

Análisis Exploratorio de Datos Espaciales

El ESDA aplicado en Geografía Médica ha sido ampliamente analizado en un trabajo específico (Buzai, 2006) y aquí será presentada su capacidad en el estudio de un análisis bivariado donde se encuentra claramente relacionado con las propiedades del gráfico de dispersión en dos dimensiones (*scatter diagram*). Su aplicación brinda como resultado una configuración en la cual cada variable queda representada por un eje ortogonal (90°) y cada unidad espacial se ubica como un punto de localización x-y en el espacio de relaciones a partir de sus valores de coordenadas en cada eje.

Cuando los datos de cada variable se transforman a puntajes estándar z [1] cada uno de estos ejes toma el sector central del gráfico con $\bar{x} = 0$ y $\bar{y} = 0$ quedando claramente definidos cuatro cuadrantes en el espacio de relaciones. El cuadrante inferior izquierdo concentra unidades espaciales con bajos debajo del promedio en ambas variables, el cuadrante superior izquierdo con bajos en x y superiores en y , el cuadrante superior derecho con superiores al promedio en ambas variables, y el cuadrante inferior derecho con valores superiores en x e inferiores en y .

$$[1] z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

donde z es el puntaje estándar, x cada medición individual, \bar{x} es la media de la variable y σ es el desvío de la variable.

Cuando se intenta avanzar hacia el análisis del sentido de la relación entre los resultados producidos en ambas variables se calcula la recta de regresión con base en la nube de puntos formada por las posiciones de cada unidad espacial en el sistema de coordenadas. Si el sentido de la recta es desde el espacio -- al espacio ++ la relación se produce de manera directa y si va desde el espacio -+ al espacio +- la relación es inversa, no existiendo correlación cuando la nube de puntos es redondeada y se hace imposible determinar un sentido específico.

La fórmula de la función lineal es:

$$[2] y = a + bx$$

dónde a es la ordenada al origen, es decir el punto exacto por donde la recta corta el eje y cuando $x=0$ y b representa la pendiente de la recta. Este cálculo y su gráfica se utiliza asimismo en el análisis de regresión, cuando se intentan predecir valores en la variables dependiente (y) en una relación que se considera causal.

Figura 2. Gráfico de dispersión

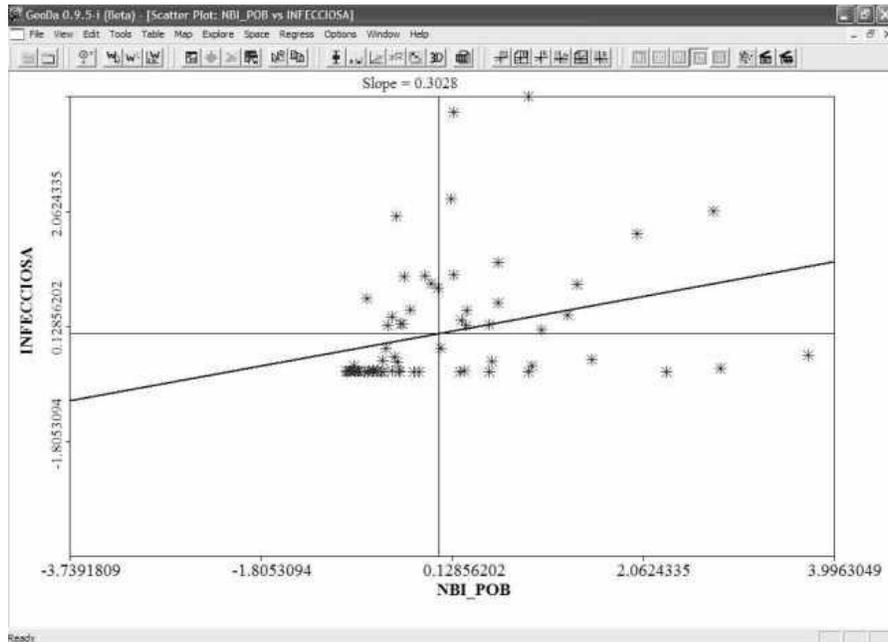
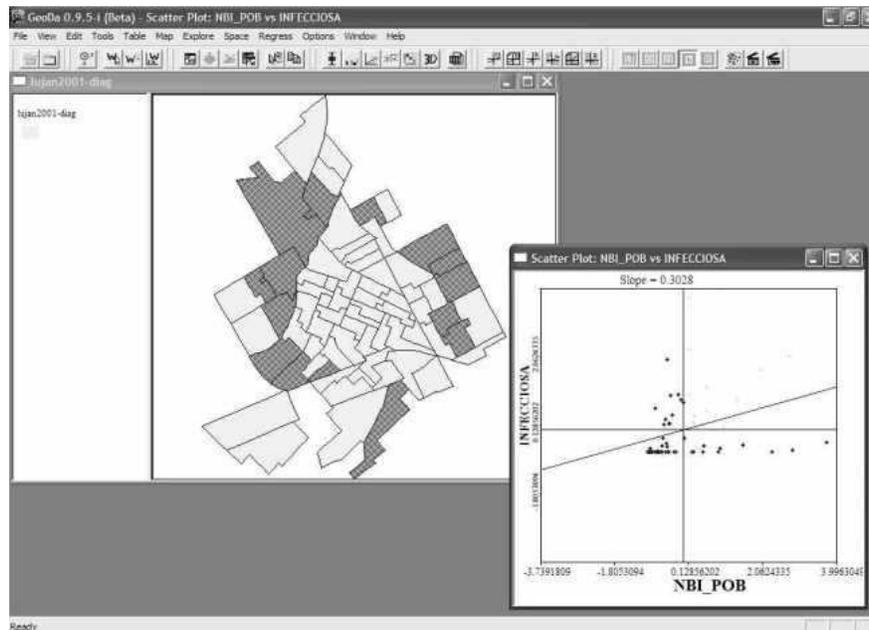


Figura 3. Selección en el gráfico de dispersión



Debe destacarse que si todos los puntos se ubican sobre la recta, existiría una correlación perfecta que arroja un valor del coeficiente de correlación de Pearson $r = 1$ o $r = -1$ para la relación perfecta positiva y negativa respectivamente. De forma simplificada, para datos estandarizados, el cálculo del coeficiente r de correlación de Pearson se realiza con:

$$[3] r = \frac{\sum z_x * z_y}{n}$$

El cálculo de r se utiliza para medir las relaciones entre variables o entre unidades espaciales y del total de cálculos (todos contra todos) se confecciona la matriz de correlaciones de variables y la matriz de correlaciones de unidades espaciales. Esta última es la materia prima para la construcción regional a partir de la aplicación de métodos de análisis multivariado.

Autocorrelación espacial

Si bien un principio de la Geografía (*ley de Tobler*) afirma que todo está relacionado con todo, pero las cosas más cercanas se encuentran más relacionadas entre sí que con las más lejanas, en la actualidad esta situación debería medirse para cada caso particular, ya que los aspectos humanos se apartan de esta ley con mayor facilidad que los aspectos físico-naturales.

La fragmentación sociocultural actual puede verse territorialmente en los modelos urbanos basados en la fragmentación (Buzai, 2014), en donde se presentan, tanto para los espacios centrales como periféricos, células que propician bruscos cambios territoriales cercanos.

El concepto de autocorrelación espacial permite medir estos aspectos de la realidad territorial. No se refiere a medir el grado de correlación entre dos o más variables en un mismo espacio, sino la correlación de una única variable a través de diferentes unidades espaciales, es decir, su comportamiento horizontal.

Cuando centramos el análisis en una determinada unidad espacial y sus unidades espaciales vecinas tienen similares comportamientos, se afirma que existe una autocorrelación espacial positiva, a través de mediciones opuestas habría una autocorrelación espacial negativa y una ausencia de autocorrelación indicaría una distribución generada aleatoriamente.

Por lo tanto, todo procedimiento de medición de la autocorrelación espacial estaría intentando verificar que la distribución espacial obtenida a partir de los valores de una variable no sean producidas de manera aleatoria.

El principal índice que se ha utilizado para medir esta característica espacial es el I de Moran, actualmente incorporado satisfactoriamente en los SIG (Anselin, 2003). Su propósito es comparar los valores de cada localización con los valores presentados por las localizaciones contiguas:

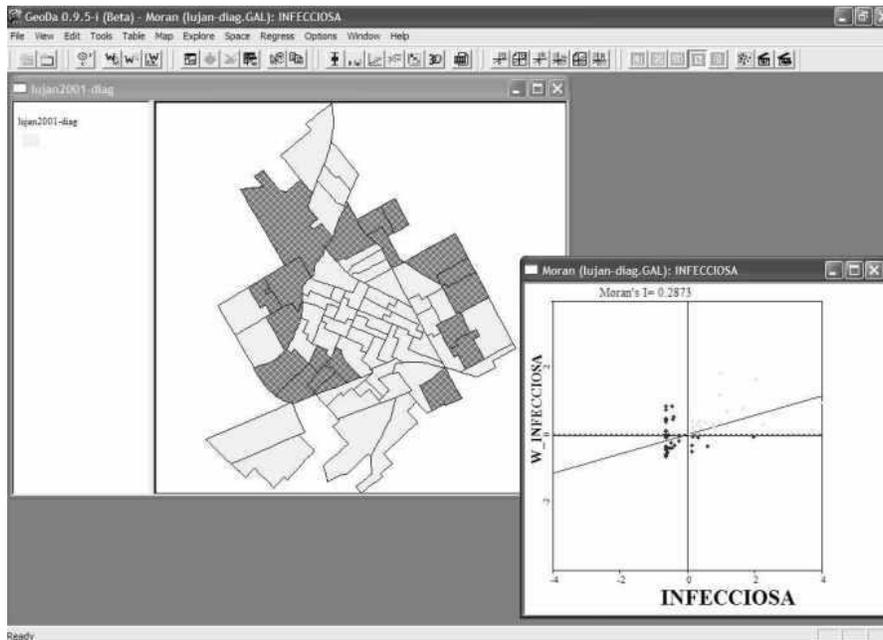
$$[4] I = \frac{n \sum_i (x_i - \bar{x}) \sum_j w_{ij} (x_j - \bar{x})}{(\sum_i \sum_j w_{ij}) \sum_i (x_i - \bar{x})}$$

dónde n es el número de unidades espaciales, x_i es el valor de la variable en la unidad espacial i , x_j es el valor de la variable en la otra localización, \bar{x} es la media de la

variable, y w_{ij} es una ponderación que indica la relación de contigüidad entre las unidades espaciales i, j . Si i, j comparten límites $w_{ij}= 1$ si no lo comparten $w_{ij}= 0$.

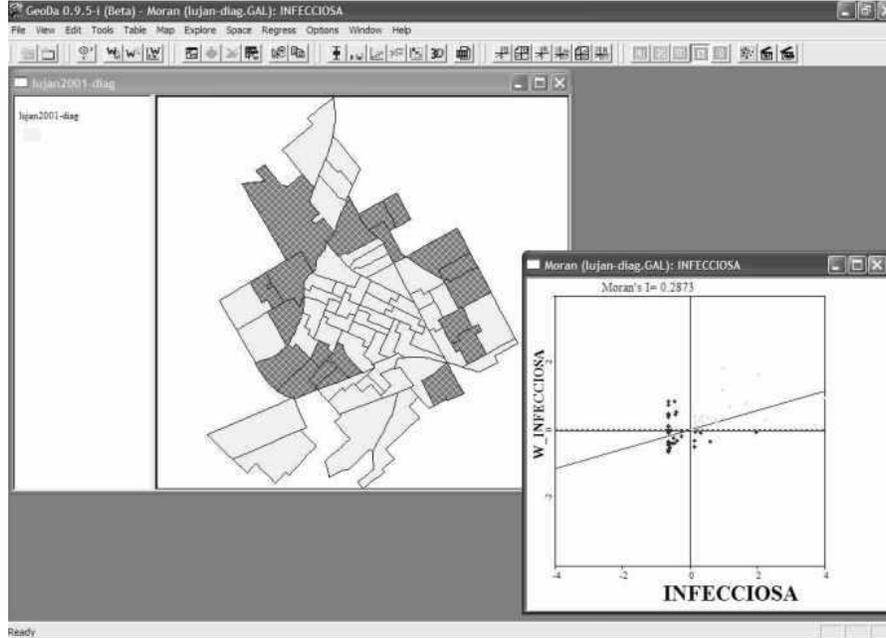
Los gráficos de dispersión basados en la autocorrelación espacial para datos estandarizados tienen la misma propiedad del coeficiente de correlación, en la figura 4 aparece el valor de I en la parte superior del gráfico.

Figura 4. Gráfico de dispersión para la autocorrelación espacial y selección en el cuadrante ++ (altos valores en enfermedades infecciosas y en las unidades espaciales vecinas)



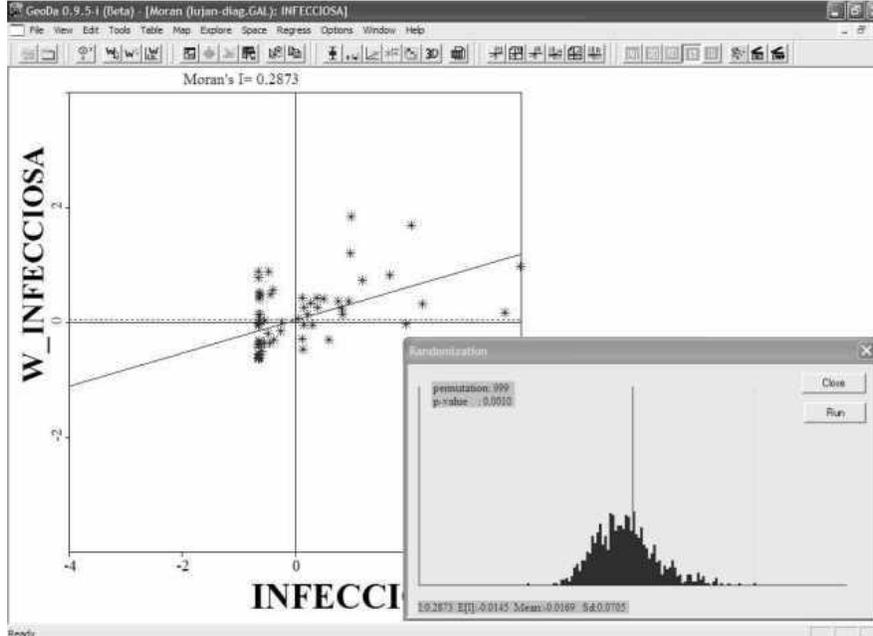
La vinculación digital entre los gráficos y la base cartográfica representa las mismas capacidades técnicas ya analizadas y en este caso cada punto se ubica en un espacio de relaciones formado por la variable analizada (eje x) en cada unidad espacial como centro y la variable analizada en su valor resumen de las unidades espaciales vecinas (eje y). La Figura 5 muestra los resultados para diagnósticos de trastornos mentales.

Figura 5. Gráfico de dispersión y mapa



Verificar la existencia de autocorrelación espacial significativa tiene que ver con la generación de un test de hipótesis con las siguientes características: H_0 (*hipótesis nula*) establece que la configuración espacial de los datos se produce de forma aleatoria, y H_1 (*hipótesis alternativa*) establece que la configuración espacial no se produce al azar y que existe autocorrelación espacial. Para ello se ha aplicado un proceso de randomization (generación de valores aleatorios o aleatorización) con 199 permutaciones de los datos espaciales.

Figura 6. Test de autocorrelación espacial



En la Figura 6 puede verse el histograma resultante formado por los resultados generados al azar (en oscuro) y la ubicación del valor medido en la configuración real (en una barra sobre la derecha) a partir del índice I de Moran, obteniéndose un valor crítico $p = 0.005$ muy apartado de los valores p utilizados normalmente en los test de hipótesis (0.01 – 0.05). Se concluye la existencia de una importante autocorrelación espacial ya que su valor p indica que esta autocorrelación se puede producir aleatoriamente solamente en el 0.5% de los casos.

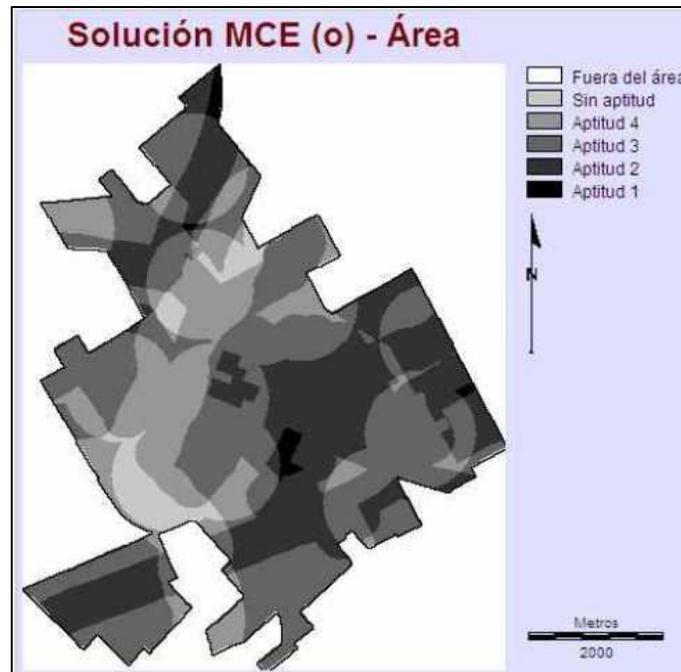
Geografía de los servicios de salud

Esta línea de aplicación cuenta con procedimientos de gran especificidad. Se incluyen las aplicaciones en evaluación multicriterio en la búsqueda de sitios candidatos para localizar nuevas instalaciones, la determinación de áreas de influencia y el uso de modelos de localización-asignación que permiten evaluar la eficiencia y equidad espacial que produce cada una de ellas en el sistema.

Evaluación multicriterio

Las técnicas de evaluación multicriterio como método geográfico de análisis espacial fueron desarrolladas en Buzai (2015c). Su aplicación tiene como principal objetivo la búsqueda de sitios de aptitud locacional, en ese caso, localización de centros de atención sanitaria

Figura 7. Sitios de aptitud locacional para la ubicación de CAPS. Ciudad de Luján, áreas de diferente prioridad mediante método booleano simple



Análisis de accesibilidad

El concepto de accesibilidad en el análisis del sistema de salud es multidimensional y lleva a la realización de estudios con importante complejidad (Garrocho, 1995). En este punto la accesibilidad se considera desde un punto de vista físico e interaccional de vínculos basados en el concepto de interacción.

La accesibilidad general de cualquier zona dentro de un área específica puede ser estudiada a partir de aplicar algunas mediciones geométricas como el cálculo de áreas de influencia por polígonos de Voronoi, incorporarle restricciones de distancia o ajustes a partir de ponderaciones de peso en los puntos intervinientes o una serie de índices que se basan en las relaciones obtenidas entre las distancias ideales (línea recta) y las distancias reales (red de circulación). Entre estas se encuentran los cálculos de accesibilidad ideal, accesibilidad real, índice de calidad en la comunicación e índice de trayectoria (Buzai, Baxendale y Mierez, 2003).

A estas posibilidades se le suman los modelos de interacción espacial a través del cálculo del potencial de población, un índice que mide la interacción potencial de un punto respecto del total de puntos del área de estudio. A nivel regional son generalmente localidades y las posibilidades de interacción entre ellas se encuentran asociadas a sus tamaños y distancias.

A través de la geografía cuantitativa y los modelos urbano-regionales ha quedado demostrado también que a diferentes tamaños poblacionales aparecen en el interior de los núcleos urbanos una oferta diferencial de bienes y servicios, tanto más especializados cuanto mayor es su tamaño. Por lo tanto, si bien para obtenerse la medida de interacción puede tomarse básicamente a través del tamaño poblacional – como síntesis de atracción espacial- también se lo puede hacer considerando otros valores de ponderación, generalmente vinculados a las actividades económicas.

En Geografía de la Salud se utiliza para medir el nivel de accesibilidad de cada centro de atención dentro del área de estudio y la espacialización de estas mediciones brinda el campo de interacción (Guagliardo, 2004).

Tomado de Gamba (2004), la medida básica del potencial de población (PP) se encuentra compuesta por dos partes, la primera de ellas tiene que ver con la definición de un potencial de interacción (PI) y la segunda con el potencial propio (P) considerado como su valor de ponderación.

$$[5] PP_i = P_i + PI_i$$

siendo

$$[6] PI_i = \sum_{j=1}^n \frac{P_j}{d_{ij}}$$

donde PP_i es el potencial de población para la localidad i . P_i es la población de la localidad en cuestión considerada como potencial propio, P_j es la población de cada una de las otras localidades de la región y d_{ij} es la distancia entre las localidades i y j .

Cuando se realiza el estudio de la accesibilidad de los centros de salud se invoca el concepto de accesibilidad potencial incorporando a la fórmula del potencial inter-puntos un tercer factor que corresponde a los valores de la capacidad de los centros de servicios.

Desde el punto de vista de la medición concreta para el cálculo de accesibilidad potencial, la fórmula más simple calcula la accesibilidad de un punto i (A) cambiando los parámetros del que fuera presentado en [6]. i

$$[7] A_i = \sum_j \frac{S_j}{d_{ij}^\beta}$$

donde S_j es la capacidad del servicio en la localización j , d_{ij} es la distancia entre el punto de demanda i y el punto de oferta j , y β es un parámetro de fricción que contempla la disminución del poder de atracción con la distancia.

El aporte de Joseph y Bantock (1982) es agregar un factor de ajuste de la demanda (V_j):

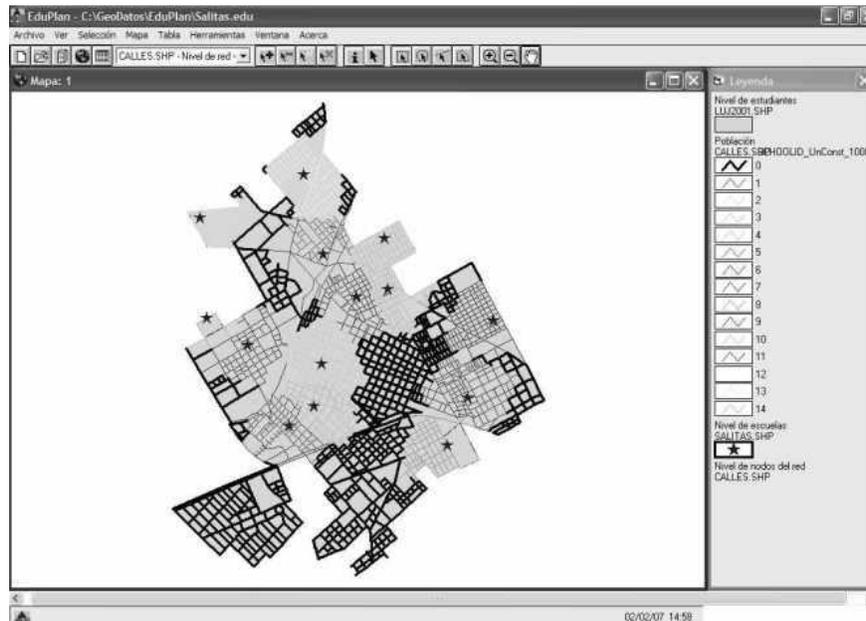
$$[8] A_i = \sum_j \frac{S_j}{d_{ij}^\beta V_j}$$

$$[9] V_j = \sum_k \frac{P_k}{d_{kj}^\beta}$$

donde V_j es la demanda potencial en el punto j , P_k es el tamaño de la población en el punto k , d_{kj} es la distancia entre el punto de población k y los puntos de oferta del servicio j , y β es el coeficiente de fricción.

La Figura 7 presenta el cálculo de accesibilidad potencial para los 12 centros de atención primaria respecto de la población de 0 a 14 años de edad.

**Figura 7. Áreas de influencia de las CAPS.
Ciudad de Luján, determinación de zonas a más de 1000 metros del servicio**



Modelos de localización-asignación

El primer aspecto a tener en cuenta en los modelos de localización-asignación para servicios públicos, como se lo ha analizado detalladamente en Buzai y Baxendale (2012), es que contemplan la necesidad de dar solución al problema que consiste en elegir la localización de una cierta cantidad de instalaciones de servicios (S) entre múltiples puntos de demanda (D), siendo $S < D$.

De esta manera el objetivo de dichos modelos consiste en determinar las mejores ubicaciones de estos centros para lograr la más eficiente y equitativa asignación de la demanda a dichos centros.

Específicamente la localización de servicios públicos, como es el servicio de Atención Primaria de Salud (APS), lleva a considerar principios específicos que difieren en parte de la localización de servicios comerciales guiados básicamente por el mercado y búsqueda de mayores ingresos. Los servicios públicos intentan satisfacer necesidades básicas de la población.

En general, en la mayoría de las investigaciones referidas a la provisión de servicios públicos por parte del Estado se ha llegado a la conclusión de lo difícil que resulta establecer el equilibrio entre la oferta de servicios y la demanda establecida por los habitantes de un territorio.

El análisis espacial de los servicios públicos busca estudiar la localización y distribución de los mismos evaluando si la prestación realizada por parte del Estado es equitativa permitiendo mejorar así la calidad de vida de la población. Es decir, se busca realizar no solamente un diagnóstico de la situación actual en la prestación del servicio por parte del Estado sino también ayudar a determinar, en el futuro, las localizaciones óptimas de los servicios para alcanzar una justicia espacial, compuesta por la eficiencia y la equidad espacial.

El carácter público de los servicios ha determinado que numerosos autores establezcan los criterios que deben conducir la planificación en lo que se refiere a la localización y distribución de los mismos. Los principios que deben entonces prevalecer en la planificación referida a la localización y distribución de un servicio público son:

Eficiencia espacial: Se refiere al volumen global de desplazamientos que el conjunto de la demanda debe efectuar para utilizar las instalaciones. Trata de medir el costo, en tiempo de recorrido o distancia que la población se verá obligada a transitar para poder utilizar los servicios. Una distribución eficiente minimizará el costo de desplazamiento para la utilización del servicio por parte de los usuarios.

Equidad espacial: Este principio tiene especial relevancia en el caso de los servicios brindados por la Administración Pública ya que son financiados por toda la población con iguales derechos a usarlos en las mismas condiciones de acceso. Se refiere a la accesibilidad diferencial de un servicio por parte de los distintos grupos de población, es decir al grado de igualdad en la distribución de los servicios que presta cada instalación a la población.

Efectividad: Expresa la relación entre el impacto actual de un servicio y su impacto potencial en una situación ideal.

En la práctica, eficiencia y equidad espacial pueden entrar en conflicto, ya que es posible que aconsejar la eficiencia óptima de un servicio en un lugar determinado puede representar una resolución distributiva no equitativa.

Se concluye que resulta casi imposible construir o localizar un servicio público en algún lugar que beneficiara a todos los ciudadanos por igual ya que el hecho de la distancia geográfica y de la accesibilidad significa que algunos estarán mejor situados, para disfrutar de las ventajas o, peor situados, acentuando las desventajas. Teniendo en cuenta esta situación se intentan mejorar los parámetros globales.

Se presentan a continuación los tres modelos más usuales para equipamientos de carácter público:

El denominado *p-mediano* es el modelo básico de localización-asignación con notable utilidad actual (Jia *et al.*, 2014). Su objetivo es *minimizar* la suma de los productos de los desplazamientos poblacionales de los puntos de demanda (centroides que agrupan la demanda dispersa) a los puntos de oferta. La función objetivo es:

$$[5] \text{ Minimizar } \{ F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_i d_{ij} x_{ij} \}$$

donde, a_i es el peso asociado a cada punto de demanda, d_{ij} es la distancia entre el punto de demanda i y el punto de oferta potencial j , x_{ij} es el factor de asignación que vale 1 si el centro de oferta j es el más cercano al punto de demanda i y 0 en caso contrario, n es la cantidad total de puntos de demanda y m los potenciales puntos de oferta (considerando las existentes).

Se denomina *p-mediano* porque se considera que p es el número de instalaciones a ubicar. El objetivo de este modelo es encontrar el valor mínimo de la función objetivo F y con ello la mayor eficiencia espacial respecto del total de desplazamientos efectuados desde los centros de demanda hacia los p puntos de oferta.

El modelo de *cobertura máxima* tiene como objetivo *maximizar* los valores totales de la demanda dentro de un radio de cobertura (R) prefijado para los puntos de oferta. Dentro de estas superficies deberá quedar asignada la mayor cantidad de demanda.

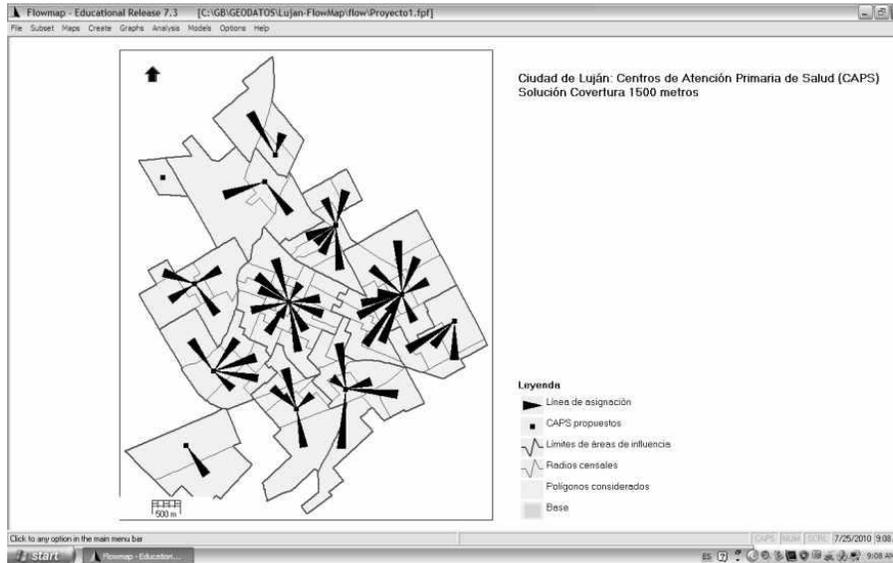
$$[6] \text{ Maximizar } \{ F = \sum_{i \in I} a_i x_i \}$$

donde I es el conjunto de puntos de demanda (indexados por i), a_i es la población en el nodo de demanda i y x_i vale 1 si el centro de demanda i se encuentra dentro del área de cobertura ($x_i \leq R$) y 0 en caso contrario.

Este modelo puede ampliarse considerando distancias a partir de *cobertura máxima con restricción de distancia*, cuyo objetivo es maximizar los valores totales de la demanda dentro de un radio de cobertura prefijado para los puntos de oferta, considerando que toda la demanda se encuentre dentro de un radio S , mayor que el

alcance del bien o servicio. No serán desarrolladas aquí las fórmulas utilizadas en la búsqueda de localizaciones óptimas para equipamientos no deseables que están presentes en Buzai y Baxendale (2011). Conceptualmente buscan el efecto inverso a los presentados.

Figura 9. Modelo de localización-asignación



Consideraciones finales

La Geografía de la Salud se ha convertido en uno de los campos de aplicación que mayor dinamismo ha tenido al incorporar las tecnologías geoinformáticas, los SIG y los SADE en la resolución de problemáticas socioespaciales apoyadas en una ciencia aplicada.

Su división interna en Geografía Médica y Geografía de los Servicios de Salud le ha permitido clasificar eficientemente sus diferentes metodologías y lograr una muy correcta especificidad en cada aplicación. En el presente capítulo se han presentado avances en cada línea de análisis.

La metodología de análisis espacial de la salud en Geografía Médica aborda principalmente el estudio de la distribución espacial de enfermedades a través del análisis de distribución espacial por cartografía temática, análisis exploratorio de datos espaciales y análisis de autocorrelación espacial. En Geografía de los Servicios de salud fue presentado el análisis de evaluación multicriterio, análisis de accesibilidad y modelos de localización-asignación.

Sabiendo de la imposibilidad de agotar todas las formas de aplicación existentes, estos casos de estudio han intentado presentar una variedad seleccionada dentro del panorama general de la relación entre SIG y Geografía de la Salud, tema que desde un

punto de vista conceptual, ha comenzado a discutirse al superarse el año 2000 en América Latina (Iñiguez y Barcellos, 2003; Pickenhayn y Curto, 2005; Ramírez, 2005; Buzai, 2005; Buzai, 2007; Buzai, 2015c).

Los conceptos teóricos utilizados y las metodologías asociadas constituyen una herramienta de primordial importancia al momento de intentar comprender la lógica socioespacial de las distribuciones analizadas y de esta forma obtener caminos hacia una más eficiente gestión y planificación del sistema espacial.

La Geografía de la Salud, a través de las actuales tendencias de la ciencia aplicada, contribuye para que los conceptos de eficiencia y equidad espacial puedan hacerse operativos en la búsqueda de una sociedad más justa. Las tecnologías digitales basadas en la cuantificación se encuentran disponibles para ayudar a lograrlo.

Bibliografía

Anselin, L. (2003). *An Introduction to EDA with GeoDa*. Spatial Analysis Laboratory. University of Illinois. Urbana-Champaign.

Buzai, G.D. (2005). *Análisis espacial de la Salud. Proyecto de investigación*. Departamento de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Luján.

Buzai, G.D. (2006). *Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (ESDA) en Geografía de la Salud*. Anuario de la División Geografía 2006. Departamento de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Luján.

Buzai, G.D. (ed) (2007). *Métodos cuantitativos en Geografía de la Salud*. Serie: Publicaciones del PROEG 2. Universidad Nacional de Luján. Buenos Aires.

Buzai, G.D. (2014). *Mapas Sociales Urbanos*. Lugar Editorial. Buenos Aires.

Buzai, G.D. (2015a). Evolución del pensamiento geográfico hacia la Geografía Global y la Neogeografía. *Capítulo en este volumen*.

Buzai, G.D. (2015b). Conceptos fundamentales del análisis espacial. *Capítulo en este volumen*.

Buzai, G.D. (2015c). Evaluación multicriterio. *Capítulo en este volumen*.

Buzai, G.D. (2015c). *Análisis Espacial de la Salud. Resoluciones con Sistemas de Información Geográfica*. Lugar Editorial. Buenos Aires.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2011). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica: Perspectiva científica, temáticas de base raster*. Tomo 1. Lugar Editorial. Buenos Aires.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2012). *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica: Ordenamiento territorial, temáticas de base vectorial*. Tomo 2. Lugar Editorial. Buenos Aires.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A.; Mierez, A. (2003). Accesibilidad e interacción espacial: aportes del análisis espacial cuantitativo para su modelización regional. *Gerencia Ambiental*. 10(95):360-369.

Curto, S. (2003). Mapas en Geografía Médica. *Cuaderno Prudentino de Geografía*. 25:111-129.

Gamba, J.C. (2004). *Potencial dinámico-sintético. Teoría y aplicaciones*. Ediciones gamba_cyt. Buenos Aires.

Garrocho, C. (1995). *Análisis socioespacial de los servicios de salud*. El Colegio Mexiquense. Toluca.

Gatrell, A. (2003). *Geographies of Health*. Blackwell. Malden.

Guagliardo, M. (2004). Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. *International Journal of Health Geographic*. 3(1):3-11.

Howe, G.M. (1985). La Geografía Médica. En: E.H. Brown (comp.) *Geografía. Pasado y futuro*. Fondo de Cultura Económica. México. pp. 392-405.

Iñiguez, L.; Barcellos, Ch., (2003). Geografía y Salud en América Latina: evolución y tendencias. *Revista Cubana de Salud Pública*. 29(4):330-343.

Jia, T.; Tao, H.; Qin, K.; Wang, Y.; Liu, C.; Gao, Q. (2014). Selecting the optimal healthcare centers with a modified p-median model: a visual analytic perspective. *International Journal of Health Geographics*. 13:42.

Joseph, A.E.; Bantock, P.R. (1982). Measuring Potential Physical Accessibility to General Practitioners in Rural Areas. *Social Science and Medicine*. 16:85-90.

Koch, T. (2005). *Cartographies of Disease*. ESRI Press. Redlands.

Olivera, A. (1994). *Geografía de la Salud*. Síntesis. Madrid.

Paso Viola, L.F. (2003). *Diccionario de Términos – Geografía*. Geosistemas. Buenos Aires.

Pickenhayn, J.A.; Curto, S.I. (2005). La Geografía de la Salud en Argentina. *Revista Geográfica*. IPGH. México.

Remírez, L. (2005). La moderna Geografía de la Salud y las tecnologías de la información geográfica. *Investigaciones y ensayos geográficos*. IV(4):53-64.

DE LOS AUTORES

Manuel Fuenzalida Díaz

Doctor en Geografía. Profesor Adjunto de Geografía Humana.
Departamento de Geografía. Universidad Alberto Hurtado, Chile.

Contacto: mfuenzal@uahurtado.cl

Gustavo D. Buzai

Doctor en Geografía. Profesor Adjunto Concursado
Programa de Estudios Geográficos. Universidad Nacional de Luján y Consejo Nacional
de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

Contacto: buzai@uolsinectis.com.ar

Antonio Moreno Jiménez

Doctor en Geografía. Catedrático de Geografía Humana
Departamento de Geografía. Universidad Autónoma de Madrid, España.

Contacto: antonio.moreno@uam.es

Armando García de León

Magister en Geografía. Técnico Académico Titular "B", tiempo completo y definitivo.
Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.

Contacto: gdeleon@unam.mx