

REFLEXIONES Y PRÁCTICAS METODOLÓGICAS EN LAS GEOGRAFÍAS ARGENTINAS

Luciana Buffalo
Carolina Cisterna
(Coordinadoras)

REFLEXIONES Y PRÁCTICAS METODOLÓGICAS EN LAS GEOGRAFÍAS ARGENTINAS

Área de

Publicaciones

ffyh

Facultad de Filosofía
y Humanidades / UNC



Universidad
Nacional
de Córdoba



Red de Geografía
DE UNIVERSIDADES
PÚBLICAS ARGENTINAS



Reflexiones y prácticas metodológicas en las geografías argentinas/Luciana Buffalo. [et al.]; Coordinación general de Luciana Buffalo; Carolina Cisterna; Ilustrado por Vicente Girardi Callafa; Prólogo de Cecilia Chiasso; Flavio Abarzua; Adrián Lulita.- 1a ed. - Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Filosofía y Humanidades, 2025.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-950-33-1890-4

1. Geografía. 2. Geografía Argentina. I. Buffalo, Luciana II. Buffalo, Luciana, coord. III. Cisterna, Carolina, coord. IV. Girardi Callafa, Vicente, illus. V. Chiasso, Cecilia, prolog. VI. Abarzua, Flavio, prolog. VII. Lulita, Adrián, prolog. CDD 918.2

Área de **Publicaciones**

Como citar esta obra:

Buffalo, L., & Cisterna, C. (Coords.). (2025). Reflexiones y prácticas metodológicas en las geografías argentinas (1.ª ed.). Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Filosofía y Humanidades.

Imagen de portadas: Pedro Vicente Girardi Callafa

Diseño de portadas: Manuel Coll

Diagramación y diseño de interiores: Luis Sánchez Zárate

2025



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

» Geografía cuantitativa: fundamentos, evolución y actualidad

Por Gustavo D. Buzai¹

Resumen

La Geografía Cuantitativa ha desarrollado, a lo largo de más de un siglo, un cuerpo teórico y metodológico basado en el análisis espacial, la construcción de modelos, la cuantificación y la formalización del conocimiento geográfico. Desde sus antecedentes en la Geografía Regional y Racionalista, atraviesa una consolidación paradigmática a mediados del siglo XX, un momento de crítica desde la Geografía Radical y Humanista, y una posterior revalorización con la incorporación de tecnologías digitales que dieron lugar a la Geografía Automatizada. En la actualidad, se proyecta como Geografía Global, en un contexto de digitalización generalizada y avances en GeoInteligencia Artificial, que permiten nuevas capacidades para el manejo de datos espaciales masivos y soluciones socioespaciales en todas las escalas. Esta trayectoria posiciona a la Geografía Cuantitativa como un enfoque dinámico, con fuerte impacto científico y social, articulando conceptos espaciales fundamentales con tecnologías aplicadas a la investigación y la acción territorial.

En este marco, el texto tiene por objetivo actualizar y sistematizar los fundamentos paradigmáticos, la evolución histórica y la actualidad de la Geografía Cuantitativa, poniendo en valor su trayectoria teórico-metodológica, sus transformaciones a partir de la incorporación de tecnologías digitales y su proyección contemporánea en el marco de la Geografía Global, destacando su capacidad para generar conocimientos espaciales aplicables a problemáticas sociales en diversas escalas.

¹ Universidad Nacional de Luján / CONICET, Instituto de Investigaciones Geográficas. gdbuzai@conicet.gov.ar; 000-0003-4195-5324

Palabras claves: Geografía Cuantitativa – Modelización Espacial – GeoInteligencia Artificial (GeoIA)

Introducción

En el año 2025 nos encontramos a dos décadas desde el inicio de un proyecto académico iniciado en Buzai (2005) a partir del cual se fueron sistematizando las bases conceptuales y metodológicas de la Geografía Cuantitativa. Este trabajo tuvo una actualización una década después en Buzai y García de León (2015) y fueron realizados dos avances orientados al abordaje de temas específicos, como el período de la revolución científica en Buzai (2016) y el análisis de las principales producciones de los autores clásicos de la cuantificación en Buzai, Ruiz y Montes Galbán (2022). Este año amerita la realización de una actualización que permita completar los fundamentos paradigmáticos, brindar nuevos elementos de su evolución y destacar la actualidad que se presenta ante los nuevos avances digitales.

La periodización surgida a partir de la historia analizada inicia en 1882-1953 con el surgimiento de la Geografía Humana hasta la formulación del paradigma de la Geografía Cuantitativa, en 1973-1983 con un cambio paradigmático en el que la Geografía Radical le formula importantes críticas, en 1983-2013 con la definición de la Geografía Automatizada, centrada en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), y el desarrollo de procedimientos metodológicos basados en estadísticas locales, en 2013-2023 con la consolidación de una Geografía Global que lleva a un notable impacto extradisciplinario en la ciencia y la sociedad, y finalmente en la actualidad, 2013 y más, la emergencia de la Inteligencia Artificial Geoespacial (GeoIA) que genera novedosas posibilidades para el uso de datos geográficos masivos (Big Data) y brinda soluciones socioespaciales en toda escala y nivel de profundidad.

Desde la aplicación de un análisis espacial basado en la geometría hacia la mayor flexibilidad aritmética, desde procedimientos analógicos hacia la completa estandarización digital, desde la realización de modelos globales hacia las modelizaciones locales, desde la consideración sistémica general hacia la teoría de los sistemas complejos, las capacidades actuales para el manejo de datos geográficos

ficos masivos y las posibilidades que brinda la GeoAI presenta, en conjunto, una serie de caminos evolutivos que brinda a la Geografía actual poder ser uno de los campos académicos más dinámicos de la actualidad.

1882-1953: Desde la Geografía como ciencia humana

La Geografía comienza a integrar el conjunto de ciencias humanas a finales del siglo XIX. Durante las últimas dos décadas de ese siglo surgen nuevas ciencias especializadas que la fragmentan y que le generan serios riesgos de desaparición al repartir sus objetos de estudio en diferentes campos del conocimiento.

El principal aporte para una nueva definición de la disciplina surge del libro *Anthropogeographie* de Ratzel (1882) con el que la Geografía adquiere un punto de vista ecológico como ciencia que estudia la relación del hombre con el medio. Estas relaciones se plasman en la *Erdoberfläche*, la cobertura que envuelve la Tierra, lo cual, según Richthofen (1883), lleva a definir la Geografía como ciencia de la superficie terrestre y de los fenómenos que se vinculan allí en relaciones causales.

Había surgido la Geografía Humana y con ello se iniciaba el camino que tomaría nuestra ciencia hasta la actualidad posibilitando mantener su unidad a través de un abordaje relacional de componentes físicos y humanos en evolución que pudo ser encarado desde diferentes posturas.

El inicio presentó un predominio determinista, en este caso denominado *determinismo geográfico*, en el que el medio tenía predominancia sobre el hombre y este debería adaptarse a las condiciones contextuales. A esta, se le opuso una postura posibilista en la que el hombre generaba diversas posibilidades mediante sus respuestas tecnológicas que se encontraban en el centro de la relación y formaban un *género de vida* (Vidal de la Blache, 1911). La escuela francesa, con centralidad en los estudios de Vidal de la Blache (1913) responde a los geógrafos alemanes en lo que sería considerado el primer paradigma de la Geografía como ciencia humana: la *Geografía Regional*.

Esta perspectiva, que fue dominante durante el primer tercio del Siglo XX, consideró a la región como realidad objetiva, es decir, con

existencia anterior al investigador, que tenía que tener la capacidad de descubrir sus límites y prestar atención a la totalidad de aspectos físicos y humanos que la componen a partir de una curiosidad para la descripción de regiones.

Mientras la perspectiva regional se basaba filosóficamente en el positivismo y la consideración de que todo conocimiento surge de la experiencia, en la segunda mitad de la década de 1930 comenzaba a tener predominancia una perspectiva racionalista que consideraba la posibilidad de construir conocimientos a través del razonamiento lógico. Esta perspectiva con antecedentes iniciales en la filosofía de René Descartes [1596-1650] fue impulsada por Hartshorne (1939) basándose en el trabajo de Hettner (1927).

Surge la denominada *Geografía Racionalista* como actualización de la perspectiva regional. Esta nueva perspectiva mantiene la consideración de que las porciones de la superficie terrestre tienen particularidades que las hacen irrepetibles y, considerando la clasificación de las ciencias realizada por Windelband (1970), ubican a la Geografía como ciencia *idiográfica* que estudia lo único, frente a las *nomotéticas* que estudian aspectos generalizables (Rey Balmaceda, 1973). Sin embargo, la diferencia fundamental está dada ante un investigador que tiene una actitud activa.

Las regiones dejan de ser consideradas una realidad objetiva y pasan a ser una construcción subjetiva realizada mediante procedimientos racionales precisos que permiten delimitar el espacio geográfico. Para Hartshorne (1939) la Geografía es una ciencia que estudia la diferenciación areal. Podríamos decir que la relación entre la sociedad y su medio genera una diversidad de espacios sobre la superficie terrestre.

La construcción regional es cualitativa y se sustenta en el método de superposición cartográfica ante la coincidencia espacial de clases de cada mapa, procedimiento teórico-metodológicos de construcción regional detallado por James (1952). El método combina distribuciones espaciales de aspectos físicos y humanos para la obtención de áreas homogéneas y generar hipótesis de causalidad (Rey Balmaceda, 1973). Un siglo antes, el procedimiento, había sido utilizado Snow (1855) para comprobar, mediante la dimensión espacial, que el cólera se transmitía a través del agua.

1953-1973. Surgimiento y fundamentos

A mediados del siglo XX el contexto histórico influye notablemente en la disciplina y genera otro cambio paradigmático. El período que incluye la segunda guerra mundial y la primera década de posguerra (1939-1955) impulsaron el desarrollo científico-tecnológico de líneas académicas ligadas a las Matemáticas y la Física, las cuales tuvieron un gran impacto en la actividad científica y, entre ellas, en la Geografía (Johnston, 1987).

La crítica fundamental a la postura racionalista proviene del inicial trabajo de Schaefer (1953) en el que expone las ideas centrales que llevan al surgimiento de la *Geografía Cuantitativa* al proponer un abordaje opuesto a las perspectivas clásicas precedentes. Considera la utilización de generalizaciones para la creación de modelos espaciales y que la Geografía debe llegar al descubrimiento de las leyes correspondientes a las distribuciones espaciales.

Posteriormente al libro de Kuhn (1962) este cambio se considera una revolución científica (Burton, 1963) que lleva a un nuevo período de ciencia normal. En este sentido, si bien el término *Geografía Cuantitativa* es el que se privilegió para definir la nueva perspectiva (Garrison y Marble, 1967; Cole y King, 1968), también fueron puestos de relevancia diversos aspectos que la definen como *Geografía Teórica* por su alto nivel de abstracción (Bunge, 1962, 1966), su impacto revolucionario como *Nueva Geografía* (Manley, 1966) y su gran componente estadístico como *Geografía Estadística* (Berry y Marble, 1968)

Los procedimientos matemáticos desarrollados para el análisis espacial superaban la rigidez de la geometría presentada en los modelos espaciales clásicos como los de localización agrícola de Thünen (1826), localización industrial de Weber (1909) y la teoría del lugar central de Christaller (1933) posteriormente ampliada por Lösch (1940). Berry (1964) propone el uso de la *Matriz Geográfica* en la cual es posible aplicar una serie de procedimientos cuantitativos llegando a las técnicas de clasificación espacial y regionalización (Buzai, 2024). Se producen una amplia variedad de desarrollos que se presentan en obras que sistematizan la perspectiva, como Bunge (1962, 1966), Haggett (1965), Chorley y Haggett (1967), Garrison y Marble

(1967), Cole y King (1968), Harvey (1969), Racine y Reymond (1973), Chorley (1973) y es entre estos trabajos cuando aparecen las primeras reflexiones acerca de la influencia de la computación en los estudios geográficos en los trabajos de Gould (1970) y Hagerstrand (1970). En América Latina y principalmente desde la producción editorial española, la cuantificación en Geografía se presenta a través de las técnicas de aplicación en Hammond y McCullagh (1974), Estébanez y Bradshaw (1978), Grupo Chadule (1980) y Ebdon (1982). En Argentina se destaca el libro de Ostuni, Civit y Manchón (1983).

En general se presenta una introducción a la estadística a fin de que los datos obtenidos puedan ser analizados mediante índices, distribuciones de frecuencia, cálculo de probabilidades. Considerando el tratamiento de la matriz tradicional y la matriz geográfica se presentan alternativas para la aplicación del análisis multivariado, de los que sobresalen métodos como el *linkage analysis*, *cluster analysis* o el análisis factorial, este último, base para la delimitación del campo de la Ecología Factorial como nueva especialidad de los estudios urbanos (Berry y Kasarda, 1977).

En estos estudios existe un esfuerzo inicial para hacer que los procedimientos estadísticos incorporen la dimensión espacial. En este sentido, la asociación entre distribuciones espaciales se mide a través del coeficiente de correlación, con lo cual la representación cartográfica se apoya en un resultado numérico que indica el sentido e intensidad de la relación. En los apartados de estadística espacial aparecen los estudios en centrografía, basados en el análisis de tendencia central y dispersión, los estudios de las formas de las unidades espaciales, estructura a partir del análisis del vecino más próximo y los primeros desarrollos en los cálculos de autocorrelación espacial. Asimismo, surge la *Time Geography* (Geografía del Tiempo) en estudios de trayectos espacio-temporales y de difusión espacial (Hagerstrand, 1967).

En esta etapa fueron definidos una serie de fundamentos como principios que caracterizan al estudio del espacio geográfico a partir de la cuantificación:

1) *El abordaje geográfico es espacial*: La dimensión espacial es el nivel focal de los estudios geográficos. Toda temática puede ser analizada geográficamente siempre que el análisis se centre en su

distribución espacial y sus relaciones causales. En síntesis, las investigaciones se orientan a comprender la espacialidad humana y, en este sentido, la lógica social del espacio geográfico. Desde allí se podrá avanzar hacia otras dimensiones de análisis.

2) *La región se construye*: La Geografía Cuantitativa coincide con la perspectiva racionalista en que la región se construye. No existe una región como realidad objetiva, sino que el investigador trazará sus límites de acuerdo a los objetivos de la investigación. Tener criterios claros para delimitar el espacio geográfico es una tarea fundamental del geógrafo que se realiza en base a la materialidad de la base empírica.

3) *La construcción regional avanza con la cuantificación*: La construcción racionalista realizada por superposición cartográfica se considera un procedimiento inicial y la Geografía Cuantitativa brinda posibilidades superadoras a partir del uso de métodos clasificatorios que permiten captar las diferenciaciones espaciales. Las aplicaciones en variables generan una clasificación y en unidades espaciales una regionalización.

4) *Se prioriza la construcción de modelos espaciales*: Es una de las finalidades de una ciencia nomotética que representa una síntesis a partir de características generalizables. Los modelos espaciales son una representación simplificada de la realidad que destaca sus rasgos principales y sirve de guía para la planificación territorial. Estos modelos son una base estable para la posterior construcción y transmisión del conocimiento.

5) *Se producen capacidades interdisciplinarias*: El análisis espacial basado en la cuantificación brinda la posibilidad de compartir un lenguaje común con múltiples disciplinas. Se avanza en estudios interdisciplinarios a partir de la demanda ajustada de un saber al otro (Definición de Jorge Morello, en Baxendale, 2012) sustentado en un lenguaje compartido para la aplicación concreta.

6) *Hay un avance hacia la objetividad*: La intención es formular conocimientos objetivos que nutrirán el Mundo-3 (Popper, 1968; Miller, 2022). En el campo de la investigación científica se toman decisiones subjetivas en diferentes instancias y en el proceso la objetividad estará dada por la posibilidad de replicación. Todo investigador

aplicando los mismos métodos a los mismos datos deberá llegar al mismo resultado.

1973-1983. Reafirmación y consolidación

El paradigma cuantitativo sería protagónico en la Geografía durante el período anteriormente analizado. Desde finales de la década de 1960 nuevos acontecimientos socio-políticos impactan a través de hitos importantes que llevan a un cambio de perspectiva y abordaje en el análisis de la realidad.

En Estados Unidos y Francia se generaliza un concepto negativo por parte de la opinión pública poniendo en juicio los resultados del sistema capitalista que lleva a grandes desigualdades sociales a nivel nacional y al intento de dominación de espacios mundiales por parte de las grandes potencias. Pueden destacarse en Estados Unidos el movimiento por los derechos civiles (1955-1968) y la guerra de Vietnam (1955-1975) y en Francia el mayo francés (1968).

Esta situación hace que parte de la comunidad científica de la Geografía dirija sus críticas al paradigma cuantitativo y se posicionan de forma radicalmente opuesta en lo que se denominó *Geografía Radical*. Este nuevo paradigma tuvo dos líneas, uno crítico basado en el materialismo histórico (teoría marxista) y otro humanista basado en estudios culturales, en los que adquiere centralidad la percepción humana.

El paradigma crítico se presentaba como una perspectiva comprometida en la transformación de la realidad social y en su objetivo es lograr un cambio de sistema en el que la conciencia y lucha de clases puede llevar a la eliminación del orden establecido. En este sentido la *Geografía Cuantitativa* es criticada por estar desprovista de compromiso social, por basar el método de investigación en el de las ciencias naturales y porque sus estudios permiten el mantenimiento del *status quo* a través de favorecer la reproducción del sistema.

Sus temáticas de interés se centran en la relación entre la Geografía y el poder, orientado hacia la dominación de clases sociales a partir de las pautas superestructurales impuestas por el sistema capitalista. Considerando, según Lacoste (1977), que los geógrafos aún no reflexionaron filosóficamente sobre el espacio, este paradigma

toma como referencia disciplinas sociales como la Economía, Filosofía o Sociología.

Al existir una estrecha relación entre los procesos sociales y las formas espaciales, el espacio pierde poder en favor de su construcción social, en este sentido, el espacio geográfico es un reflejo imperfecto que solo puede modificarse interviniendo sobre el nivel social. Las desigualdades sociales generan desigualdades espaciales ante la diferencial acumulación de capital en una organización que tiende a ampliar permanentemente las diferencias.

El foco de interés está puesto en problemáticas sociales que la Geografía Cuantitativa no podría resolver tales como los espacios de pobreza, delincuencia, marginalidad, desempleo, drogas, prostitución y múltiples vulnerabilidades sociales. Con estas premisas la Geografía Radical en su línea crítica denunció la marginalidad comprobada mediante *expediciones urbanas* (Bunge, 1969) a través de la revista *Antipode* (Peet, 1977) y recién en la primera parte de la década de 1970 comienza a establecerse claramente el marco conceptual marxista en estas investigaciones, de ellos podemos mencionar las sistematizaciones publicadas por Harvey (1973), Peet (1975, 1977) y en la Geografía latinoamericana el trabajo de Santos (1978), quien en el Capítulo 5 realiza una crítica de la Geografía Cuantitativa que puede tomarse como ejemplo de inconsistencia.

Por otro lado, el paradigma de la Geografía Radical en la línea humanista también se encontraba opuesto al cuantitativismo, aunque en este caso valorizando aspectos psicológicos de la relación entre el mundo interior y exterior del individuo, incluyendo su percepción, aptitudes y valores hacia su medio. El objetivo es comprender los mundos individuales mediante categorías que no necesariamente deben ser científicas (Relph, 1970). Los estudios consideran una relación inversa entre el avance en la sofisticación analítica y el realismo empírico (Buttimer, 1974). Surge la *Topofilia* como neologismo relacionado a los lazos afectivos que unen a las personas con su entorno (Tuan, 1974).

Esta perspectiva se encuentra emparentada a los estudios culturales que relacionan la Geografía con la Antropología (Sauer, 1925) y con el interés por los mapas mentales (Lynch, 1960; Strauss, 1961). Específicamente, el trabajo de Lynch (1960) presenta pautas ge-

nerales a partir de la consideración de estructuras materiales que permiten construir el mapa mental de la comunidad. Esto permitió un avance del cuantitativismo en los trabajos de Gould (1972, 1975) al introducir el análisis multivariado para la obtención de mapas de preferencias. Un estudio exhaustivo de la temática fue realizado por Castro Aguirre (2004).

La focalización analítica de la Geografía Humanista se centra en los estudios de la percepción, las estructuras y respuestas psicológicas comunes, el etnocentrismo y las preferencias individuales (Tuan, 1974), una orientación hacia la fenomenología (Relph, 1970; Buttimer, 1974) y respuestas apoyadas en la valoración espacial. Se utiliza el concepto de *paisaje* aunque desde las relaciones culturales que apoyan el surgimiento de una *etnogeografía* (Baxendale, 2010).

Mediante estas consideraciones se llega a una perspectiva que se centra en el estudio de individualidades desestimando cualquier intento generalizador y apoyándose en disciplinas como la Psicología, Sociología y Antropología.

Las críticas formuladas a la cuantificación en Geografía generan una serie de respuestas que, junto con las consideraciones del período anterior, reafirman la postura:

7) *Sobre los cambios paradigmáticos*: Los estudios que se realizaron sobre la historia del pensamiento geográfico toman el modelo de Kuhn (1962) como estructura explicativa de la evolución disciplinaria durante el Siglo XX. Los períodos de ciencia normal son de 20-25 de extensión y ningún paradigma eliminó al anterior. Siempre hubo coexistencia paradigmática con un paradigma principal, pero lejos de ser único.

8) *Sobre el monismo metodológico*: El uso de técnicas cuantitativas no implica que se adopte la metodología de las ciencias experimentales, tomadas como modelo de la ciencia. Se considera que las ciencias son observacionales y que la experimentación es solo una forma de observar. La Geografía Cuantitativa realiza observaciones, mediciones sin manipular condiciones y llega a resultados por generalización para la creación de modelos.

9) *Sobre las temáticas incorporadas*: Las críticas se centran en la consideración del espacio social, generado a partir de las relaciones sociales (Lefebvre, 1974). Esto pone al espacio como reflejo de

lo social. Como ciencia espacial, la Geografía Cuantitativa se centra en el estudio del espacio geográfico resultante de la relación sociedad-medio. Desde un punto de vista aplicativo, intenta obtener soluciones espaciales a problemáticas sociales.

10) *Sobre lo ontológico y lo empírico*: La Geografía Cuantitativa se centra en las manifestaciones espaciales de los procesos sociales desde un punto de vista empírico. No se especula sobre la esencia de sus entidades. Preguntarse sobre la naturaleza del espacio es una pregunta filosófica. Considerando una postura realista y empírica queda materializada por la superficie terrestre, soporte de las relaciones en estudio.

11) *Sobre la abstracción*: Los métodos cuantitativos avanzan en abstracción y brindan las mayores posibilidades en la representación de un *espacio concebido*. La realidad empírica se organiza de forma sistemática para su tratamiento y análisis. Los resultados, que se apoyan en el concepto de *distribución espacial*, toman la posición de herramienta de aplicación. Llegar al mayor nivel de abstracción permite lograr la mayor concreción.

12) *Sobre el compromiso social*: El compromiso social no puede ser únicamente la búsqueda del cambio del sistema capitalista por una alternativa socialista. No perseguir este objetivo no significa carecer de compromiso. La Geografía Cuantitativa está comprometida con entender el funcionamiento de la realidad socioespacial a través de la realización de diagnósticos y la generación de propuestas para mejorar las condiciones de vida.

13) *Sobre los alcances*: Los diferentes paradigmas de la Geografía proponen la realización de estudios en los que se favorecen aspectos específicos de la realidad. Cada uno aborda un nivel de análisis. El desafío en avanzar hacia estudios más completos y abarcativos estará dado por realizar trabajos multiparadigmáticos dentro de la Geografía o interdisciplinarios vinculándose con otras ciencias.

1983-2013. Automatización digital y estadísticas locales

Desde la segunda mitad de la década de 1960 por el lapso de dos décadas, fueron realizados continuos avances para la incorporación de los desarrollos de la Geografía Cuantitativa en el ambiente computa-

cional. De esta forma, Dobson (1983) conceptualiza el surgimiento de una línea temática que denomina *Geografía Automatizada*.

En este nuevo contexto, los SIG, que habían surgido en Canadá (CGIS-Canada *Geographic Information System* en 1964) permiten comenzar a generar una nueva visión del mundo para su tratamiento y análisis. Este impacto sistematiza un campo de debate dos décadas después a partir de dos foros realizados por la revista *The Professional Geographer* en 1983 y 1993. La compilación de Pickles (1995) continúa esta línea.

Dobson (1983) indica que la reflexión surge a partir de los resultados obtenidos en materia computacional, los cuales permitieron automatizar la mayoría de los métodos de análisis espacial aplicados a problemáticas geográficas. Con este argumento presenta el surgimiento de la Geografía Automatizada como campo de aplicación principalmente técnico que genera evidentes ventajas respecto de los métodos empleados en el trabajo tradicional.

El artículo presenta conclusiones de gran optimismo, en las cuales se vislumbra un camino irreversible hacia la automatización y, al mismo tiempo, también reconoce algunos efectos no deseados como la minimización teórica respecto del alto potencial técnico y la orientación de las investigaciones hacia los procesos de fácil automatización.

El primer inconveniente ya había surgido en el período de ciencia normal de la Geografía Cuantitativa al confundirse teoría con metodología, lo cual fue superado a partir de una postura sistémica y el segundo se iría superando paulatinamente a partir del avance en la flexibilización del *software*. La integración sería inevitable, los límites precisos entre diferentes líneas de aplicación como la cartografía computacional, la computación gráfica, el procesamiento digital de imágenes, los modelos digitales de elevación y los SIG se irían borrando cada vez más dentro del concepto de *Geoinformática* (Buzai, 1997).

El aporte de Dobson (1983) suscita una serie de comentarios que presentan diferentes niveles de profundidad en un rango que va desde el cuestionamiento del término Geografía Automatizada (Marble y Peuquet, 1983; Moellering y Setzer, 1983; Poiker, 1983) hasta la consideración de la neutralidad ideológica en la aplicación (Cromley,

1983). En este último punto se ingresa en aspectos teóricos, que, en general consideran que no se está generando un cambio paradigmático (Dobson, 1983, 1983b; Cromley, 1983, Moellering y Stetzer, 1983; Poiker, 1983) aunque produce un extraordinario impacto fuera de la disciplina (Kellerman, 1983).

La automatización genera capacidades interdisciplinarias que vincula a la Geografía con gran cantidad de disciplinas que la toman como posibilidad de incorporar la dimensión espacial en sus estudios, en este sentido Monmonier (1983) lo considera fundamental para que el geógrafo conforme equipos interdisciplinarios y más aún, Morrison (1983) considera que esta base permitirá a la Geografía tener la oportunidad de ocupar un lugar destacado en la actividad científica.

Dobson (1983, 1983b) reconoce que la Geografía Automatizada no obtiene mayores logros que la Geografía Cuantitativa, aunque se irá afirmando como disciplina específica que utiliza sistemas cibernéticos, humanos y electrónicos para el análisis de los sistemas físicos y sociales.

Una década más tarde, en 1993, *The Professional Geographer* retoma el debate con la finalidad de evaluar los resultados producidos durante ese período de tiempo. Inicia Dobson (1993) quien ratifica su postura destacando que la integración avanza notablemente en base al desarrollo de SIG y claramente también lo hace en la cuestión teórica con apoyo conceptual de los que Goodchild (1992) definió como *Ciencias de la Información Geográfica*.

Reconoce que el tema tuvo un tratamiento principalmente orientado hacia su estudio como una revolución tecnológica, no científica. Sin embargo, está convencido de que generará un importante impacto intelectual favoreciendo lo que Gardner (1983) definió, en el conjunto de las inteligencias múltiples, como *inteligencia espacial*, la cual comenzaría a tener un lugar destacado junto a la inteligencia lingüística y la inteligencia lógico-matemática que tradicionalmente privilegió la enseñanza.

Como puede verse, durante este período la automatización computacional de procedimientos geográficos se orienta desde una consideración principalmente técnica hacia su impacto teórico. Algunas reflexiones incluyen la consideración de la revalorización de

estudios ambientales a través de la Ecología de Paisajes (Goodchild, 1992), la posibilidad de integración de posturas idiográficas y nomotéticas, representadas en el debate Hartshorne-Schaefer (Sheppard, 1993) hasta considerar que la automatización amplía los límites disciplinarios (Pickles, 1993).

El avance técnico-metodológico en el período se encuentra vinculado a un refinamiento continuo del *software* para el tratamiento de los datos espaciales brindado por el contexto digital. Un claro ejemplo de producción bibliográfica puede verse en Mitchell (1999, 2005). Las posibilidades del trabajo en aplicaciones generales comienzan a ampliarse a través del desarrollo de diversas formas de análisis espacial local con grandes niveles de detalle.

El avance en la automatización digital hace claramente operativo el concepto de *autocorrelación espacial*, el cual había sido sistematizado como continuidad de las obras cuantitativas iniciales por Cliff y Ord (1981) y sienta las bases para que Tobler (1959) presente una ley fundamental que considera que todas las cosas se encuentran relacionadas entre sí, pero las más cercanas tienen una relación mayor que con las más lejanas.

Esto apoya el desarrollo digital de la *Geoestadística* y de los métodos de interpolación que generan datos espaciales basados en los valores de proximidad. Las isolíneas, que unen puntos con similares valores, se calculan de forma automática teniendo la posibilidad de utilizar diferentes métodos y se aplican a cualquier tipo de dato localizado sobre la superficie terrestre (Buzai y Montes Galbán, 2021).

La *lógica booleana* utilizada para la realización de clasificaciones rígidas binarias, encuentran en el desarrollo de clasificaciones *fuzzy* variadas posibilidades para que toda localización adquiera valores entre los extremos (0-1) y permita representar espacialmente una aptitud continua que mejora las soluciones locacionales en la evaluación multicriterio y posibilite un avance hacia la determinación de potenciales conflictos espaciales (Carr y Zwick, 2007).

Es posible incluir en esta tendencia la desagregación de índices para la posibilidad del mapeo de puntajes z como apoyo a la interpretación del coeficiente de correlación r de Pearson o el cálculo de Índice de concentración espacial areal (ICEA) que presenta la distribución espacial detallada del dato numérico que proporciona el

índice de concentración espacial global (ICEG) (Buzai, 2014; Buzai y Santana Juárez, 2019). En esta línea, un notable desarrollo fue realizado por Fotheringham *et al.* (2002) al considerar la autocorrelación como base de cálculos locales de la regresión múltiple en el método denominado *Geographically Weighted Regression* (Regresión geográficamente ponderada) con la cual se pueden analizar diferentes características condicionantes en cada localización del área de estudio.

La representación espacial puntual, combinó la autocorrelación espacial con funciones de decrecimiento con la distancia a fin de generar los estimadores *kernel*, los cuales brindan como resultado distribuciones espaciales de densidad continua a partir de datos discretos y cuando son aplicados a centroides de polígonos que contienen el dato agregado de cada unidad espacial areal su representación cartográfica elude el cambio abrupto que producen los límites espaciales de geometría rígida.

La tendencia hacia los estudios de detalle incluye el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (ESDA, *Exploratory Spatial Data Analysis*) que logra su objetivo ante los avances de una eficiente vinculación entre cartografía, tabla de atributos y gráficos. Los gráficos interactivos permiten explorar el área de estudio con la finalidad de captar sus características espaciales estructurales (Anselin, 1998).

En las características encontradas aparecen diferenciaciones espaciales que producen concentraciones. El análisis univariado permite encontrar las unidades espaciales con valores extremos a partir del uso de *box-plot* (gráfico de caja), el análisis bivariado muestra detalles de la correlación entre dos variables a partir del *scatter-plot* (diagrama de dispersión) y un análisis de concentración espacial desagrega el índice I de Moran a partir de indicadores locales de asociación espacial (LISA, *Local Indicators of Spatial Association*) (Anselin, 1995) generando cúmulos espaciales por similitud en *hot spots* o *cold spots*, según las agrupaciones sean de datos altos o bajos respectivamente. Un análisis comparativo de índices de autocorrelación espacial fue realizado por Ramírez (2015).

La capacidad de procesamiento computacional en cuanto a velocidad y eficiencia permitió obtener resultados a partir de soluciones heurísticas (Densham y Rushton, 1992) en aplicaciones que obtienen

resultados locacionales a partir de una combinatoria extremadamente grande de posibilidades. Los modelos de *localización-asignación* en la búsqueda de sitios candidatos para la localización de servicios puntuales a una población de demanda regionalmente distribuida (Bosque Sendra y Moreno Jiménez, 2004) se sustentan en el concepto de interacción, el cual implica que todo lo que está o sucede en un lugar no es ajeno a lo que se produce en otro (Pumain y Saint-Julien, 2010).

El tiempo se incorpora como dimensión de análisis concreto (Langran, 1992; Peuquet, 2002) y avanza en operatividad. Podemos indicar que los estudios espacio-temporales también reciben su impacto y a la tradicional solución temporal de las series temporales que permiten la consideración de un *chess-map* basado en la superposición de capas temáticas de diferentes cortes temporales se amplía mediante una representación de continuidad, resuelto través de la aplicación de autómatas celulares (Aguilera Ontiveros, 2002), modelado multiagente (Aguilera Ontiveros y López Paredes, 2001, Linares, 2015) o la aplicación de geometría fractal (Batty y Longley, 1994) para captar la irregularidad y fragmentación de entidades espaciales a través del cálculo de sus dimensiones físicas efectivas.

Las obras sistemáticas de la Geografía Cuantitativa reorientan sus contenidos al uso de datos espaciales organizados en medios digitales y, en general, se presentan en la línea del análisis espacial como equivalente, podemos nombrar los trabajos de Fotheringham y Rogerson (1994), Bailey y Gatrell (1995), Gámir Orueta, Ruiz Pérez y Seguí Pons (1995), Fotheringham *et al.* (2000), Santos Preciado (2002), Ó Sullivan y Unwin (2003), Buzai y Baxendale (2006), Sanders (2007) y Lloyd (2010).

Asimismo, en este período, las técnicas cuantitativas desarrolladas en para la construcción cartográfica digital muestra cuatro líneas de avance ante la incorporación de aspectos geoinformáticos ligados a la perspectiva cualitativa: los *mapas mentales* con una tendencia hacia la modelización digital (Buzai, 2011), el *mapeo participativo* que involucra a la población local para la creación de su propia representación espacial (Chambers, 2006), la *Realidad Virtual* (RV) ligada a la creación de paisajes inmersivos (Fisher y Unwin, 2001) en la generación de percepciones de simulación digital (Buzai, 2003) y

la *Geografía Voluntaria*, en donde la web permite una construcción comunitaria y la incorporación de datos localizados a partir de un trabajo espontáneamente colaborativo (Goodchild, 2007).

En esta etapa fueron definidos una serie de fundamentos que revalorizan a la Geografía Cuantitativa en el interior de un nuevo contexto:

14) *Una creciente digitalización*: La Geografía Cuantitativa atraviesa un *giro digital*, a partir del cual sus procedimientos analógicos son introducidos crecientemente en un nuevo ambiente. Procedimientos técnicos desarrollados desde su inicio comienzan a incorporarse digitalmente para su tratamiento computacional. La Geografía ingresa en un nuevo ambiente que le brinda difusión mundial.

15) *Automatización de procedimientos*: Aparece el campo de la Geografía Automatizada en base a la posibilidad de estandarización de procedimientos digitales. Los *softwares* que, en un inicio, trabajaron de forma individualizada comenzaron a vincularse en el campo de la *Geoinformática* en el cual los SIG formaron su núcleo al vincular bases de datos alfanumérica y gráficas para datos con referencia espacial.

16) *Niveles de detalle espacial*: El desarrollo de *software*, principalmente los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE) realizan un tratamiento de los datos geográficos organizados en bases de datos de un SIG. Se transitó un camino tendiente a la aplicación de procedimientos de análisis espacial local, muchos de ellos basados en el concepto de autocorrelación espacial, en donde la localización interviene en el resultado.

17) *Cuantitativo y cualitativo*: La cuantificación es una aproximación que logra mayor precisión en la descripción de los atributos analizados. El dato cuantitativo se refiere a cualidades que fueron medidas en variables. El uso de SIG permite la creación de mapas mentales, exploración de datos espaciales, la construcción cartográfica participativa y el voluntariado geográfico a través del SIG-Web.

18) *Revalorización paradigmática*: La Geografía Automatizada revaloriza a la Geografía Cuantitativa en un nuevo ambiente, aunque no se considera que sea un nuevo paradigma de la Geografía, ya que no surgen nuevos conceptos e hipótesis a partir de ella. Los procedimientos automatizados apoyan a la Geografía Aplicada (Pacione,

1999; Phlipponneu, 1999) en el marco del realismo científico y el sistemismo.

2013 hasta hoy: Geografía Global

La Geografía Cuantitativa privilegia el estudio de una realidad que considera ordenada y ordenable. En el marco de esta perspectiva y, desde un punto de vista sistémico (Buzai, 2016), la Geografía se sustenta en una definición que le atribuye la formulación de leyes científicas y la creación de modelos correspondientes a las distribuciones espaciales.

En este sentido, puede realizar predicciones acerca de las futuras configuraciones espaciales al conocer el funcionamiento sistémico de las áreas de estudio en base a sus elementos componentes y relaciones que se producen entre ellos. Los espacios se delimitan considerándolos totalidades a ser estudiadas considerando su propia organización.

En este período, la Geografía incorpora la *Teoría de los Sistemas Complejos* (TSC) (García, 2006) en un camino que avanza desde el estudio de elementos generales hacia sus particularidades. Considerando que la realidad se encuentra estratificada en diferentes niveles de procesos y análisis, el abordaje científico se realiza a partir del desarrollo de teorías con aptitud para cada nivel.

La TSC presenta grandes capacidades en el ámbito de la Geografía y particularmente en el paradigma de la Geografía Cuantitativa ya que le permite contar con claras demarcaciones conceptuales para el trabajo empírico y demarcaciones epistemológicas.

Cada estrato de la realidad cuenta con estructuras semi-autónomas para su análisis, uno *focal* en el que se ubica la dimensión espacial de meso-escala, uno *supra-focal* de aptitud contextual mundial y una *infra-focal* que llega al detalle de las características y comportamiento de los individuos. Esto permite comprender el motivo por el cual existe una importante estabilidad paradigmática y no se producen los reemplazos ante cambios paradigmáticos que prevé el modelo de Kuhn (1962) ya que una teoría y sus conceptos pueden ser aptos para un nivel y tener limitada utilidad en otro, es decir, que una

teoría sólo puede ser evaluada en su nivel específico y esto hace que los paradigmas de la Geografía discutan en planos diferentes.

El nivel focal de la Geografía es espacial y la Geografía Cuantitativa se ubica específicamente en este nivel. Su objetivo consiste en estudiar toda temática social desde un punto de vista espacial y llegar a soluciones que lleven a mejorar las condiciones de vida de la población.

El avance en la teoría sistémica aplicado a la realidad socioespacial y el desarrollo de aspectos metodológicos que avanzan hacia el análisis local, complementan el nivel de focalización espacial haciendo operativos los conceptos centrales del núcleo disciplinario: localización (sitio y posición), distribución espacial, asociación espacial, interacción espacial y evolución espacial (Buzai, 2015). Estos conceptos se trasladan desde la Geografía hacia diferentes disciplinas a partir de la difusión generalizada de los SIG.

En este sentido, a finales del Siglo XIX la Geografía proporcionó objetos de estudio para el surgimiento de nuevas ciencias y a finales del Siglo XX brinda conceptos que se trasladan al conjunto de las ciencias que intentan incorporar la dimensión espacial. Ambos momentos pueden considerarse como *explosiones disciplinarias* que forman los extremos de una onda larga de un siglo de duración.

La segunda explosión disciplinaria se produce ante el surgimiento de la *Geografía Global*, un paradigma geográfico, como forma de ver la realidad socioespacial basada en las tecnologías digitales que la Geografía, a través de los SIG, pone a disposición del resto de las ciencias (*MetaGeografía*) y a las prácticas sociales (*NeoGeografía*) a través de procedimientos incorporados en los dispositivos digitales (Buzai, 2018).

La Geografía Global es la Geografía estandarizada digitalmente desde mediados de la década de 1960 hasta hoy, y que a través del uso computacional impactó inicialmente en el ámbito científico para luego pasar a un uso social generalizado.

Poniendo atención a la evolución del pensamiento geográfico durante el Siglo XX puede verificarse una clara correspondencia con los ciclos económicos analizados por Kondratiev, los cuales tienen una sucesión cíclica de auge y crisis del sistema capitalista (Hall y Preston, 1988; Berry, 1991). La perspectiva positivista en Geografía,

durante el Siglo XX, tiene tres momentos de auge con vínculos a diferentes disciplinas: ~1910 a la Biología, ~1950 ligado a la Matemática-Física y ~1990 a la Informática, mientras que, entre ellas, ~1930 y ~1970 se verifica el auge de la postura historicista ligada a dos crisis económicas de gran alcance. El péndulo entre el positivismo e historicismo fue analizado por Capel (1981), aunque actualmente tal alternancia no se verifica ante el equivalente protagonismo que pueden adquirir los diferentes paradigmas.

En la Geografía actual no existe un paradigma dominante ya que ninguno de ellos puede presentarse como si fuera Geografía en su totalidad y, de esta manera, se elimina la posibilidad de favorecer una visión y un relato único que los científicos adscriptos al paradigma intentan imponer en la comunidad científica. Por ejemplo, la intención de revalorizar el espacio en la teoría social crítica (Soja, 1989) es un proyecto de la Geografía Crítica que intenta ser aceptada en ámbitos intelectuales más amplios y se presenta como proyecto de la Geografía. En este sentido, la Geografía Cuantitativa nunca pudo tener un proyecto así, ya que sus ámbitos de actuación siempre valorizaron el espacio como dimensión fundamental de análisis. Las posturas multiparadigmáticas son las que pueden aprovechar los abordajes en diferentes niveles de análisis hacia la posibilidad de comprender y actuar sobre la dimensión espacial de la realidad en la búsqueda de aproximaciones a la totalidad.

Considerando el avance conceptual basado en el uso de las tecnologías digitales y como producto de un universo digital en expansión (Buzai, 2001), la Geografía permitió desarrollar líneas disciplinarias como la *Geografía Automatizada* basada en la relación de los SIG y los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial (SADE) (Dobson, 1983), y la *Cibergeografía*, que aborda el nuevo espacio que se genera de forma material e inmaterial entre las pantallas de las computadoras conectadas a Internet (Dodge y Kitchin, 2001; Toudert y Buzai, 2004). Fueron definidos campos interdisciplinarios como la denominada *Geoinformática* (Buzai, 1997) y *Geocomputación* (Longley et al., 1998) cuando se relaciona a la Geografía con los medios computacionales y la *Geografía Global* como campo disciplinario que difunde conocimientos teórico-metodológicos de la Geografía hacia las ciencias y las prácticas humanas que consideran la necesidad de incorporar la

dimensión espacial a través de los medios computacionales (Buzai, 1999), principalmente a través del uso de los SIG. Finalmente hubo un avance hacia la definición de campos transdisciplinarios con las *Ciencias de la Información Geográfica* como la combinación de ciencias y técnicas relativas al manejo de datos espaciales (Goodchild, 1992), las *Ciencias Sociales Integradas Espacialmente* ante la combinación de ciencias que encuentran en el espacio geográfico el punto de anclaje para sus relaciones (Goodchild et al., 2000) y las *Ciencias Geoespaciales* ante la amplitud de las nuevas tecnologías de automatización (Berry et al., 2008).

Esta situación brinda nuevas posibilidades de reflexión que lleven a analizar el futuro de la Geografía como ciencia, aunque no deja dudas de la importancia obtenida por la dimensión espacial en el mundo actual a partir de las formas operativas teórico-metodológicas que surgen a través de la Geografía Global tanto en una Meta-Geografía en el ámbito científico como en una Neo-Geografía en el contexto de lo que Burrough y McDonell (1998) vislumbraron como *Sociedad de la Información Geográfica*. Última etapa desde la aparición de los SIG con la sigla en inglés cambiando de contenido: GISystem, GIScience y GISociety.

De esta etapa y, ante el contexto digital que se aplica a la investigación y la difusión, surgen las siguientes consideraciones:

19) *Conceptos del núcleo disciplinario*: Mientras la Geografía Crítica se basa en conceptos económicos y sociológicos, como por ejemplo Modo de producción o lucha de clases, y la Geografía Humanista en conceptos psicológicos como Percepción o actitudes, la Geografía Cuantitativa utiliza centralmente conceptos espaciales como los de localización, distribución espacial, asociación espacial, interacción espacial y evolución espacial.

20) *Estudios completos*: Como cada paradigma de la Geografía presenta principal utilidad en una escala específica y un mayor alcance se encontrará en una combinación paradigmática o en formulaciones interdisciplinarias. Ningún paradigma de la Geografía puede realizar abordajes completos de la realidad ya que cada uno tiene su mayor aptitud en determinado nivel. La aptitud de la Geografía Cuantitativa se encuentra en el nivel espacial.

21) *Ciclos en el Siglo XX*: Los ciclos del capitalismo mundial (ondas de Kondratiev) generan ciclos en el desarrollo de la Geografía Humana. En el Siglo XX hubo alternancia entre el positivismo y el historicismo, aunque solo el positivismo permite trazar una línea evolutiva durante la totalidad del período. Los ciclos paradigmáticos son de ~20-25 años y el ciclo largo de *explosión disciplinaria* de un siglo.

22) *Impacto científico*: Gran cantidad de ciencias incorporan la dimensión espacial en sus estudios a través de la tecnología SIG, siendo la Geografía Cuantitativa la Geografía que pudo ser estandarizada en el ambiente computacional. De esta manera la Geografía Cuantitativa impacta en gran cantidad de disciplinas. Las ciencias sociales actuales experimentan un *giro espacial* a través de los conceptos de naturaleza geográfica definidos en los SIG.

23) *Impacto social*: La Geografía Cuantitativa generó las bases para el desarrollo de la geotecnología basada en la digitalización informática. Por lo tanto, los actuales medios computacionales centrados en componentes locacionales impactan ampliamente en la sociedad y en sus prácticas organizativas. Mediante los dispositivos móviles, la mayoría de la población lleva consigo Geografía Cuantitativa al servicio de sus requerimientos.

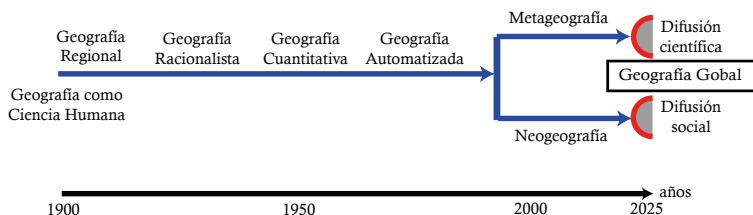
24) *Geografía Cuantitativa ubicua*: A través del contexto digital la Geografía se presenta como *pangeografía*. Internet hizo posible que el análisis espacial digital sustente gran cantidad de actividades sociales a través de procedimientos basados en la localización. Los SIG fueron el *caballo de Troya* de la Geografía Cuantitativa y, de esta manera, esta perspectiva pudo generar el mayor impacto científico y social que pueda haber realizado la Geografía.

2023 Síntesis y emergencia

La perspectiva cuantitativa tuvo una presencia central en la historia de la Geografía. Inicialmente posibilitando la creación del nuevo campo disciplinario en la Grecia helenística y actualmente con centralidad en la Geografía Global, ubicua, con impacto en la actividad científica y en las prácticas sociales. Corresponde a un recorrido de aproximadamente 2.500 años en la historia de la humanidad.

La reorientación de la Geografía como ciencia humana a finales del Siglo XIX se produce apoyada por la filosofía positivista y su

actualización neopositivista (positivismo lógico) consecuente con la cuantificación de clara orientación empírica (Sánchez, 2017). Este vínculo hace que la Geografía basada en el positivismo experimente tres momentos de auge durante el Siglo XX, al inicio vinculada a la Biología-Ecología en la Antropogeografía, a mediados a la Matemática-Física en la *Geografía Cuantitativa* y al final con la Informática. Este último momento de apogeo es producto de una creciente automatización de procedimientos en el ambiente digital que comienza iniciada la segunda mitad del Siglo XX con la aparición de los SIG, la conceptualización de la *Geografía Automatizada* y la *Geografía Global* con impacto en la ciencia (*Metageografía*) y la Sociedad (*Neogeografía*) (Figura 1).



Título: Evolución paradigmática centrada en la Geografía Cuantitativa

Fuente: El autor

Como puede verse en la figura, la evolución paradigmática presentada corresponde al impacto de la perspectiva positivista en Geografía, donde se destaca su definición como ciencia humana, los paradigmas de la Geografía Clásica (Regional y Racionalista) como antecedentes conceptuales para la aparición de la Geografía Cuantitativa hacia la actualidad donde, a través de los SIG, surge la Geografía Automatizada que apuntala una Geografía Global que produce el mayor impacto extradisciplinario ante la ubicuidad que le brindan las tecnologías digitales de comunicación, entre ellos los SIG y los SIG-Web, como recientes desarrollos de la amplia tradición cartográfica presentada por Principi (2024) que aceleradamente incorpora la inteligencia artificial (IA) (Kang, Gao y Roth, 2024).

Los datos geográficos masivos, generados por infinidad de sensores ubicados en los dispositivos digitales (Gutiérrez Puebla, 2018) junto al apoyo de la una Geografía Voluntaria llevó a la necesidad de crear infraestructuras de datos espaciales (IDE). La combinación de *hardware* y *software* computacional tuvo el desafío de poder utilizar estos grandes volúmenes de datos para estudiar en detalle aspectos socioespaciales y brindar soluciones prácticas en materia locacional en la aplicación de conocimientos y habilidades geográficas para la resolución de problemas sociales, económicos y ambientales (Pacione, 1999). En esta línea aparecen los actuales desarrollos de la *Inteligencia Artificial* (IA) aplicados al análisis espacial en una *Inteligencia Artificial Geoespacial* (GeoIA) (Gao, Hu y Li, 2024) que se basa en el tratamiento de datos referenciados espacialmente y la generación de modelos predictivos para la correcta toma de decisiones socioespaciales, apoyando el desarrollo de la *Inteligencia Geográfica* (IG).

Aunque se puede considerar que esta línea de reflexión tuvo su primera sistematización hace casi tres décadas (Openshaw y Openshaw, 1997) los ejemplos de aplicación actuales muestran una orientación hacia aspectos prospectivos. Los métodos del *geomarketing* presentan utilidad en el campo de la competencia espacial a través de las áreas de influencia en la esfera privada buscando eficiencia espacial y en la pública buscando equidad espacial. La línea es iniciada por Berry (1967), posteriormente desarrollada en el ambiente de la automatización mediante SIG-SADE (Moreno Jiménez, 2001).

Uno de los campos más promisorios en cuanto a las aplicaciones de GeoIA es la Geografía Urbana cuando se aplican autómatas celulares con procedimientos basados en tecnologías de aprendizaje automático en la búsqueda de resultados prospectivos en la gestión social del riesgo y la detección de potenciales conflictos entre usos del suelo, en los estudios de movilidad urbana, modelos de interacción espacial y potencial de población, análisis del tráfico considerando diferentes medios y diseños de trayectos. En el campo del análisis espacial de la salud el modelado ajusta parámetros empíricos con gran precisión y el modelado de contaminación a partir de partículas en suspensión atmosféricas como condicionantes de enfermedades. Finalmente mencionaremos a la Geografía del Comportamiento en la cual se avanzará en la modelización de resultados de la percepción humana en la decisión de desplazamientos, comportamiento de consumidores y situaciones de inseguridad urbana. El texto de Wang *et al.* (2024) amplía con exhaustividad los ejemplos mencionados.

Ante la emergencia de la inteligencia artificial y sus procedimientos cuantitativos basados en algoritmos de autoaprendizaje surgen las siguientes consideraciones:

25) *Avance en la automatización*: Los datos geográficos masivos son en su gran mayoría espaciales, según Leszczynski y Crampton (2016) aproximadamente en un 80%. La inteligencia artificial tiene la capacidad de poder utilizarlos correctamente para obtener patrones y modelos de la realidad. La GeoIA representa el estadio de máxima automatización del análisis espacial basado en la cuantificación.

26) *Revalorización del inductivismo*: Se soluciona la obtención de parámetros empíricos en las fórmulas cuantitativas que deben ajustar la teoría a los resultados obtenidos de la realidad a partir de infinitud de casos verificados. La crítica que recibe el inductivismo se mantiene vigente, aunque ahora la cantidad de casos que sostienen cualquier predicción pueden ser infinitos. Los problemas socioespaciales complejos se superan empíricamente.

27) *Geografía Cuantitativa subyacente al mundo matemático*: Los algoritmos de la GeoIA son cuantitativos y a través de ellos la Geografía Cuantitativa llega a su máxima capacidad modelística. La representación y funcionamiento del mundo se hace operativo a través de la cuantificación. Los números se encuentran detrás de todo. Ga-

lileo Galilei afirmó que *Las matemáticas son el alfabeto con que Dios ha escrito el universo* y el mundo actual también fue escrito con el mismo lenguaje.

En síntesis, desde la primera medición del mundo con esfera hasta la medición del comportamiento humano que genera espacialidades, la Geografía Cuantitativa avanzó notablemente en desarrollos, estandarización digital, difusión e impactos que se trasladan hacia diversos ámbitos de aplicación. El camino trazado lleva hacia el objetivo de apoyar la creación de contenidos objetivos de la realidad socioespacial para delinear el mundo de la realidad objetiva (Mundo-3) y, a partir de allí, apoyar trabajos empíricos con cada vez mayor nivel de precisión a fin de actuar con anticipación a las problemáticas socioespaciales con sustento en bases indispensables para la sociedad actual y futura.

Bibliografía

- Aguilera Ontiveros, A. (2002) *Ciudades como tableros de ajedrez. Introducción al modelado de dinámicas urbanas con autómatas celulares*. San Luis Potosí: El Colegio de San Luís.
- Aguilera Ontiveros, A.; López Paredes, A. (2001) *Modelado multiagente de sistemas socioeconómicos*. San Luis Potosí: El Colegio de San Luis.
- Anselin, L. (1995) Local Indicators of Spatial Association – LISA, *Geographical Analysis*, 27, 93-115.
- Anselin, L. (1998) Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. In Longley, P.; Goodchild, M.; Maguire, D.; Rhind, D. (Eds.) *Geographic Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*. New York: Wiley, pp. 251-264.
- Bailey, T.C.; Gatrell, A.C. (1995) *Interactive Spatial Data Analysis*. Harlow: Prentice Hall.

- Batty, M.; Longley, P. (1994) *Fractal Cities. A Geometry of Form and Function*. London: Accademic Press.
- Baxendale, C.A. (2010) El estudio del paisaje desde la Geografía. Aportes para reflexiones multidisciplinares en las prácticas del ordenamiento territorial, *Fronteras*, 9, 25-31.
- Berry, B.J.L. (1964) *Approaches to Regional Analysis: A Synthesis*, *Annals of the Association of American Geographers*, 54, 1, 2-11.
- Berry, B.J.L. (1967) *Geography of market centers and retail distribution*. New Jersey: Prentice Hall.
- Berry, B.J.L. (1991) *Long-Wave Rythms in Economic Development and Political Behavior*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Berry, B.J.L.; Griffin, D.A.; Tiefeldsdorf, M.R. (2008) From Spatial Analysis to Geospatial Science, *Geographical Analysis*, 40, 229-238.
- Berry, B.J.L.; Kasarda, J. (1977) *Contemporary Urban Ecology*. New York: Macmillan.
- Berry, B.J.L.; Marble, D. [Eds.] (1968) *Spatial Analysis: A Reader in Statistical Geography*. New Jersey: Prentice Hall.
- Bosque Sendra, J.; Moreno Jiménez, A. (2004) La localización óptima como problema: cuestiones teóricas y metodológicas, en *Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos*. Madrid: Ra-Ma, pp. 3-16.
- Bunge, W. (1962) *Theoretical Geography*. Lund: Lund Studies in Geography, Series C. General and Mathematical Geography N° 1.
- Bunge, W. (1966) *Appendix to Theoretical Geography*. Lund: Lund Studies in Geography, Series C. General and Mathematical Geography N° 6.

- Bunge, W. (1969) *The First Years of the Detroit Geographical Expeditions: A personal report*. Discussion Paper N° 1. Toronto: York University.
- Burrough, P.; McDonnell, R. (1998) *Principles of Geographical Information Systems*. New York: Oxford University Press.
- Burton, I. (1963) The Quantitative Revolution and Theoretical Geography, *The Canadian Geographer*, 7, 151-163.
- Buttimer, A. (1974) *Values in Geography*. Resource Paper N° 24. Washington: Association of American Geographers, Commission on College Geography.
- Buzai, G.D. (1997) Geoinformática. Panorama de una nueva disciplina científico-tecnológica, *CADXPRESS*, 4, 37, 62-64.
- Buzai, G.D. (1999) *Geografía Global*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- 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. (2003) De las regiones geográficas a los espacios virtuales: apuntes para el estudio de las nuevas tecnologías en el análisis espacial actual. *Actas del 1º Congreso ONLINE del Observatorio para la Cibersociedad*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Buzai, G.D. (2005) Geografía Cuantitativa 2000+ 20 lecciones fundamentales y sus tendencias de evolución, *Revista de Geografía*, 7, 9, 5-18.
- Buzai, G.D. (2011) La construcción de mapas mentales mediante apoyo geoinformático. Desde las imágenes perceptivas hacia la modelización digital. *Revista Geográfica de Valparaíso*, 44, 1-17.

- Buzai, G.D. (2014) *Mapas Sociales Urbanos*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G.D. (2015) Conceptos fundamentales del análisis espacial que sustentan la investigación científica basada en geotecnologías. En: Fuenzalida, M.; Buzai, G.D.; Moreno Jiménez, A.; García de León, A. *Geografía, Geotecnología y Análisis Espacial: Tendencias, métodos y aplicaciones*. Santiago de Chile: Universidad Alberto Hurtado, pp. 56-72.
- Buzai, G.D. (2016) La Geografía como ciencia espacial. Bases conceptuales de la investigación astronómica vigentes en la Geografía Cuantitativa, *Revista Universitaria de Geografía*, 25, 1, 11-30.
- Buzai, G.D. (2018) Geografía Global: La dimensión espacial en la ciencia y en la sociedad, *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, 263, 3, 9-26.
- Buzai, G.D. (2024) Matriz Geográfica. Contexto y potencialidad en el análisis espacial cuantitativo, *Revista Universitaria de Geografía*, en prensa.
- Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (2006) *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Buzai, G.D.; García de León, A. (2015) Balance y actualidad de la Geografía Cuantitativa, en Fuenzalida, M.; Buzai, G.D.; Moreno Jiménez, A.; García de León, A. *Geografía, Geotecnología y Análisis Espacial: Tendencias, métodos y aplicaciones*. Santiago de Chile: Universidad Alberto Hurtado, pp. 31-54.
- Buzai, G.D.; Montes Galbán, E. (2021) *Estadística Espacial: Fundamentos y aplicación con Sistemas de Información Geográfica*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Luján, Instituto de Investigaciones Geográficas.

- Buzai, G.D.; Ruiz Almar, E.; Montes Galbán, E. (2022) Clásicos de la Geografía Cuantitativa vigentes en los Sistemas de Información Geográfica, *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, 273, 3, 19-42.
- Buzai, G.D.; Santana Juárez, M.V. [Comp] (2019) *Métodos cuantitativos en Geografía Humana*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Luján, Instituto de Investigaciones Geográficas.
- Capel, H. (1981) *Filosofía y ciencia en la Geografía Contemporánea*. Barcelona: Barcanova.
- Carr, M.; Zwick, P. (2007) *Smart Land Use Analysis*. Redlands: ESRI Press.
- Castro Aguirre, C. (2004) *Mapas Mentales*. Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- Chambers, R. (2006) Participatory Mapping and Geographic Information Systems: Whose Map? Who is Empowered and Who Disempowered? Who Gains and Who Loses? *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 25, 1, 1-11.
- Chorley, R. (1973) *Directions in Geography*. London: Methuen.
- Chorley, R.; Haggett, P. [Eds.] (1967) *Integrated Models in Geography*. London: Methuen.
- Christaller, W. (1933) *Die Zentralen Orte in Süddeuschland*. Jena: Gustav Fischer.
- Cliff, A.; Ord, J. (1981) *Spatial Process: Models and Applications*. London: Pion.
- Cole, J.; King, C. (1968) *Quantitative Geography*. Glasgow: John Wiley & Sons.

- Cromley, R. (1983) Automated Geography: Some Problems and Pitfalls, *The Professional Geographer*, 35, 3, 340-341.
- Densham, P.; Rushton, G. (1992) Strategies for solving large location-allocation problems by heuristic methods, *Environment and Planning A*, 24, 289-304.
- Dobson, J.E. (1983) Automated Geography, *The Professional Geographer*, 35, 2, 135-143.
- Dobson, J.E. (1983b) Reply to Comments on "Automated Geography", *The Professional Geographer*, 35, 3, 349-353.
- 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*. London: Routledge.
- Ebdon, D. (1982) *Estadística para geógrafos*. Barcelona: Oikos-tau.
- Estébanez, J.; Bradshaw, R. (1978) *Técnicas de cuantificación en Geografía*. Madrid: Tebar Flores.
- Fisher, P.; Unwin, D. [Eds.] (2001) *Virtual Reality in Geography*. London: CRC Press.
- Fotheringham, A.S.; Brunson, C.; Charlton, M. (2000) *Quantitative Geography. Perspectives on Spatial Data Analysis*. London: SAGE.
- Fotheringham, A.S.; Brunson, C.; Charlton, M. (2002) *Geographically Weighted Regression*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Fotheringham, A.S.; Rogerson, P. (1994) *GIS and Spatial Analysis*. London: Taylor & Francis.

- Gámir Orueta, A.; Ruiz Pérez, M.; Seguí Pons, J.M. (1995) *Prácticas de Análisis Espacial*. Barcelona: Oikos tau.
- Gao, S.; Hu, Y.; Li, W. (2023) *Handbook of Geospatial Artificial Intelligence*. Boca Raton: CRC Press.
- García, R. (2006) *Sistemas Complejos*. Barcelona: Gedisa.
- Gardner, H. (1983) *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic Books.
- Garrison, W.; Marble, D. (1967) *Quantitative Geography*. Evanston: Northwestern University.
- Goodchild, M. (1992) Geographical Information Science, *International Journal of Geographic Information Systems*, 6, 1, 31-45.
- Goodchild, M. (2007) Citizens as sensors: the world of volunteered geography, *GeoJournal*, 69, 211-221.
- Goodchild, M.; Anselin, L.; Appelbaum, R.; Harthorn, B.H. (2000) Toward Spatially Integrated Social Science, *International Regional Science Review*, 23, 2, 139-159.
- Gould, P. (1970) Computers and Spatial Analysis: Extensions of Geographic Research, *Geoforum*, 1, 53-69.
- Gould, P. (1972) On Mental Maps, in English, P.; Mayfield, R. [Eds.] *Man, Space and Environment*. New York: Oxford University Press, pp. 260-282.
- Gould, P. (1975) *People in Information Space: The Mental Maps and Information Surfaces of Sweden*. Lund: Lund Studies in Geography, Series B. Human Geography N° 42.
- Grupo Chadule (1980) *Iniciación a los métodos estadísticos en Geografía*. Barcelona: Ariel.

- Gutiérrez Puebla, J. (2018) Big Data y nuevas geografías: la huella digital de las actividades humanas, *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 64, 2, 193-217.
- Hagerstrand, T. (1967) The computers and the geographer, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 15, 4, 497-507.
- Hagerstrand, T. (1970) What About People in Regional Science? *Papers of the Regional Science Association*, 14, 7-21.
- Haggett, P. (1965) *Locational Analysis in Human Geography*. London: Edward Arnold.
- Hall, P.; Preston, P. (1988) *The Carrier Wave*. London: Unwin Hyman.
- Hammond, R.; McCullagh, P. (1974) *Técnicas cuantitativas en Geografía*. Madrid: Saltés.
- 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.
- Harvey, D. (1969) *Explanation in Geography*. London: Edward Arnold.
- Harvey, D. (1973) *Social Justice and the City*. London: Edward Arnold.
- Hettner, A. (1927) *Die Geographie, ihre Geschichte, ihr Wesen und ihre Methode*. Breslau: Ferdinand Hirt Verlag.
- James, P. (1952) Towards a Further Understanding of the Regional Concept, *Annals of the Association of American Geographers*, 42, 3, 195-222.
- Johnston, J.R. (1987) *Geography and Geographers: Anglo-American Geography Since 1945*. London: Edward Arnold.

- Kang, Y.; Gao, S.; Roth, R. (2024) Artificial intelligence studies in Cartography: a review and synthesis of methods, applications, and ethics, *Cartography and Geographic Information Science*, 51, 2, 1-32.
- Kellerman, A. (1983) Automated Geography: What Are the Real Challenges? *The Professional Geographer*, 35, 3, 342-343.
- Kuhn, T. (1962) *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Lacoste, Y. (1973) *La géographie, ça sert d'abord à faire la guerre*. Paris: Maspero.
- Langran, G. (1992) *Time in Geographic Information Systems*. London: Taylor & Francis.
- Lefebvre, H. (1974) *La production de l'espace*. Paris: Anthropos.
- Leszczynski, A.; Crampton, J. (2016) Introduction: Spatial Big Data and everyday life, *Big Data & Society*, Jul-Dec, 1-6.
- Linares, S. (2015) Aplicación de modelos de simulación del crecimiento urbano, en Buzai, G.D.; Cacace, G.; Humacata, L.; Lanzelotti, S. (Comp.) *Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa. Libro 1: Por una Geografía de lo real*. Mercedes: MCA Libros, pp. 231-247.
- Lloyd, Ch. (2010) *Local models for Spatial Analysis*. London: Routledge.
- Longley, P.; Brooks, S.; McDonnell, R.; McMillan, B. [Eds.] (1998) *Geocomputation: A Primer*. London: Wiley.
- Lösch, A. (1940) *Die räumliche Ordnung der Wirtschaft: Eine Untersuchung über Standort, Wirtschaftsgebiete und internationalen Handel*. Jena: Gustav Fischer Verlag

- Lynch, K. (1960) *The Image of the City*. Cambridge: MIT Press.
- Manley, G. (1966) A New Geography, *The Guardian*, March 17th.
- Marble, D.; Peuquet, D. (1983) The Computer and Geography: Some Methodological Coments, *The Professional Geographer*, 35, 3, 343-344.
- Miller, D. [Comp.] (2022) *Popper: Escritos selectos*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Mitchell, A. (1999) *The ESRI Guide to GIS Analysis. Volume 1: Geographic Patterns and Relationships*. Redlands: ESRI Press.
- Mitchell, A. (2005) *The ESRI Guide to GIS Analysis. Volume 2: Spatial Measurement and Statistics*. Redlands: ESRI Press.
- Moellering, H.; Stetzer, F. (1983) A Comment on Automated Geography, *The Professional Geographer*, 35, 3, 345-346.
- Monmonier, M. (1983) Comments to "Automated Geography", *The Professional Geographer*, 35, 3, 346-347.
- Moreno Jiménez, A. (2001) *Geomarketing con Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Asociación de Geógrafos Españoles.
- Morrison, J.L. (1983) Automated Geography: Challenges to Academic Geography, *The Professional Geographer*, 35, 3, 348.
- Openshaw, S.; Openshaw, C. (1997) *Artificial Intelligence and Geography*. Chichester: Wiley.
- Ó Sullivan, D.; Unwin, D. (2003) *Geographic Information Analysis*. New Jersey: Wiley.
- Ostuni, J.P.; Civit, M.E.; Manchón, M.J. (1983) *Técnicas en Geografía*. Mendoza: Inca.

- Pacione, M. (1999) *Applied Geography: Principles and Practices*. London: Routledge.
- 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 United States, *Progress in Human Geography*, 1, 2, 240-263.
- Peuquet, D. (2002) *Representation of Space and Time*. New York: Guilford Press.
- Phlipponneau, M. (1999) *La Géographie appliquée*. Paris: Armand Colin.
- Poiker, T.K. (1983) The Shining Armor of the White Knight, *The Professional Geographer*, 35, 3, 348-349.
- Popper, K. (1968) Epistemology without a knowing subject, *Proceedings of the Third International Congress for Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Amsterdam: North-Holland Publishing.
- Principi, N. (2024) Desarrollo y evolución tecnológica de los atlas geográficos, *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, 275, 2, 23-34.
- Pumain, D.; Saint-Julien, T. (2010) *Analyse Spatiale. Les interactions*. Paris: Armand Colin.
- Racine, J.B.; Reymond, H. (1973) *¿ analyse quantitative en géographie*. Paris: PUF.
- Ramírez, M.L. (2015) Autocorrelación espacial: Analogías y diferencias entre el índice de Moran y el índice de Getis y Ord, *V Con-*

greso Nacional de Geografía de las universidades públicas. Neuquén: Universidad Nacional del Comahue.

Ratzel, F. (1882) *Anthropogeographie*. Vol I, Grundzüge der Anwendung der Geographie auf die Geschichte. Stuttgart: Engelhorn; (1991) Vol II, Die Geographische Verbreitung des Menschen. Stuttgart: Engelhorn.

Relph, E. (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*. Buenos Aires: Estrada.

Richthofen, F. von (1883) *Aufgaben und Methoden der heutigen Geographie*. Leipzig: Universität Leipzig.

Sánchez, D.C. (2017) *Contribución del Análisis Espacial a la Ciencia y la Geografía: Referencia Histórico-Bibliográfica*. Saarbrücken: Editorial Académica Española.

Sanders, L. [Ed.] (2007) *Models in Spatial Analysis*. London: Wiley-Is-te.

Santos, M. (1978) *Por uma Geografia nova*. São Paulo: Hucitec.

Santos Preciado, J.M. (2002) *El tratamiento informático de la información geográfica*. Madrid: UNED.

Sheppard, E. (1993) Automated Geography: What Kind of Geography for What Kind of Society, *The Professional Geographer*, 45, 4, 457-460.

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

- Sauer, C. (1925) *The morphology of landscape*. Berkeley: University of California, Publications in Geography N° 2.
- Schaefer, F. (1953) *Exceptionalism in Geography: A Methodological Examination*, *Annals of the Association of American Geographers*, 43, 3, 226-249.
- Snow, J. (1855) *On the Mode of Communication of Cholera*. London: John Churchill.
- Soja, E. (1989) *Postmodern Geographies: The Reassertion of Space in Critical Social Theory*. London: Verso.
- Thünen, H. von (1826) *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*. Rostock.
- Tobler, W. (1959) *Automation and Cartography*, *Geographical Review*, 49, 4, 526-534.
- Toudert, D.; Buzai, G.D. (2004) *Cibergeografía*. Mexicali: Universidad Autónoma de Baja California.
- Tuan, J-F. (1974) *Topophilia: A Study of Environmental Perception, Attitudes and Values*. New Jersey: Prentice Hall.
- Vidal de la Blache, P. (1911) *Les genres de vie dans la géographie humaine*, *Anales de Géographie*, 20, 193, 289-304.
- Vidal de la Blache, P. (1913) *Des caracteres distinctifs de la Géographie*, *Anales de Géographie*, 22, 124, 289-299.

Wang, S. et al. (+30) (2024) Mapping the landscape and roadmap of geospatial artificial intelligence (GeoAI) in quantitative human geography: An extensive systematic review, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 128, 1-17.

Weber, A. (1909) *Über den Standort der Industrien*. Tübingen.

Windelband, W. (1970) *Historia general de la Filosofía*. Buenos Aires: El Ateneo.

