

ANALES
DE LA
SOCIEDAD CIENTÍFICA
ARGENTINA

AÑO 2022 - VOLUMEN 273 - N° 3

Indizada en Biodiversity Heritage Library, Smithsonian Institute (USA),
en el Natural History Museum Library (UK) y en la
Ernst Mayr Library de Harvard University (USA)



Avenida Santa Fe 1145 - Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Tel 4816-4745/5406 - E-mail: sociedad@cientifica.org.ar - www.cientifica.org.ar

CLÁSICOS DE LA GEOGRAFÍA CUANTITATIVA VIGENTES EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Gustavo D Buzai, Ernest Ruiz i Almar
y Eloy Montes Galbán¹

Resumen

La Geografía Cuantitativa es actualmente el paradigma de la Geografía que tiene mayor impacto en las ciencias y la sociedad. En el marco de esta perspectiva se encuentra el actual desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como última etapa en el camino de la automatización digital. Debe destacarse que el notable avance técnico-metodológico actual cuenta con un cuerpo de conceptos centrales que generan un núcleo disciplinario de sólida permanencia. Su construcción fue realizada en el período 1953-1969 y su es de gran importancia para acceder a los fundamentos teóricos que permiten explicaciones del espacio geográfico desde el paradigma cuantitativo. El artículo analiza contribuciones centrales de Fred K Schaefer, Waldo Tobler, William Bunge, Brian J L Berry, Peter Haggett y David Harvey, incluyendo una síntesis de Peter Gould. El estudio de los clásicos permite llegar al núcleo disciplinario que apoya el análisis espacial hasta la actualidad.

Palabras claves: Geografía Cuantitativa, Paradigma Cuantitativo, Revolución Cuantitativa, Análisis Espacial, Sistemas de Información Geográfica

Abstract

Classics of quantitative geography in use in geographical information systems

Quantitative Geography is currently the paradigm of Geography that has the greatest impact on science and society. It is in this perspective, that we find the current development of Geographical Information Systems (GIS) as the latest stage on the way to digital automation. It should be noted that the current remarkable technical-methodo-

1 Gustavo D Buzai y Eloy Montes Galbán pertenecen al Instituto de Investigaciones Geográficas de la Universidad Nacional de Luján y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet), Argentina. Ernest Ruiz i Almar al Departamento de Geografía de la Universidad de Barcelona, España. Direcciones de correo electrónico: gdb@unlu.edu.ar; emontesgalban@conicet.gov.ar; eruiz@ub.edu

logical advance has a body of central concepts that generate a disciplinary core of solid permanence. Its construction was carried out in the period 1953-1969 and it is of great importance to access the theoretical foundations that allow explanations of geographical space from the quantitative paradigm. The article analyses central contributions made by Fred K Schaefer, Waldo Tobler, William Bunge, Brian J L Berry, Peter Haggett and David Harvey, including a synthesis of Peter Gould. The study of the classics leads to the disciplinary core that underpins spatial analysis to the present day.

Keywords: Quantitative Geography, Quantitative paradigm, Quantitative revolution, Spatial Analysis, Geographical Information Systems

Introducción

El paradigma de la Geografía Cuantitativa es una perspectiva de pensamiento que brindó bases teórico-metodológicas a la Geografía actual, la cual encuentra un importante apoyo a través del uso de tecnologías digitales y particularmente en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Aunque los SIG, en los inicios, puedan ser considerados como simples herramientas, su existencia se debe a desarrollos conceptuales que, desde este paradigma, surgieron en su período de ciencia normal durante las décadas de 1950 y 1960.

En el presente trabajo se analizan brevemente algunos de los textos fundamentales que forman parte de la corriente geográfica cuantitativa con el objetivo de poner de relieve la conexión existente entre sus fundamentos y articulación con la geotecnología actual.

Los escritos claves dentro de la corriente de pensamiento pertenecen a: Fred K Schaefer, Waldo R Tobler, William Bunge, Brian J L Berry, Peter Haggett y David Harvey. Los textos seleccionados abarcan un período de una década y media (1953-1969), un predominio paradigmático corto con gran intensidad², y recogen entre otras temáticas la modelización, automatización, matemática espacial o los sistemas locacionales. Se incluye en el análisis un texto de Peter Gould publicado en 1985, fuera del período de ciencia normal, por considerarlo integrador y que, desde inicios de la década de 1970³, avanza desde la focalización espacial empírica hacia una perspectiva de integración sistémica en un contexto global y multiescalar.

El análisis resignifica aspectos centrales de la Geografía Cuantitativa en el contexto histórico y científico actual de la Geografía, en el cual, los SIG se encuentran plenamente establecidos y consolidados poniendo los conceptos del análisis espacial en el nivel focal, ya sean los de la Geografía Regional de Emmanuel de Martonne (1873-1955) que considera "la localización, la extensión, la complejidad, el dinamismo, la conexión y

2 Berry, B.J.L. (1993), "Geography's quantitative revolution: Initial conditions, 1954-1960: a personal memoir"; in: *Urban Geography*, vol 14, 343-441.

3 Abler, R, J Adams & P Gould (1971). *Spatial Organization: The Geographer's view of the World*. New Jersey, Englewood Cliffs, Prentice-Hall.

la globalidad territorial”⁴, los de la Geografía Cuantitativa de Peter Haggett que habla “de movimiento, de redes, de nodos, de jerarquías y de superficies”⁵ o los de Oliver Dollfus (1931-2005) que, desde su postura integral del sistema mundial, considera la “localización, la clasificación, las redes, los circuitos, los límites, las densidades y los tiempos”⁶, todos estos aspectos como elementos clave de la investigación científica en la Geografía actual⁷.

Proponer este análisis conceptual nos lleva a comprender el pensamiento espacial, su forma de acceder a la realidad como objeto formal de la Geografía, y avanzar hacia sus prácticas que evolucionaron desde el formato analógico al digital.

El origen lo podemos rescatar de los textos de referencia en los que puede abordarse un recorrido histórico que, en siete décadas, llega a la actualidad. Es imprescindible volver a los clásicos a fin de poder comprender, en toda su dimensión, el papel fundamental que desempeñaron sus ideas como base para la construcción de conocimientos que aún hoy muestran gran utilidad en la comprensión de la realidad.

Geografía cuantitativa

Período pre-paradigmático. La utilización de procedimientos matemáticos para estudiar la Tierra tiene un origen lejano. Eratostenes (276 aC-194 aC) mediante la utilización de métodos trigonométricos aplicados a la posición del sol y las sombras proyectadas sobre la superficie terrestre en dos lugares diferentes en el mismo momento, logró calcular con gran exactitud el tamaño real de la esfera terrestre⁸.

A partir de allí toda técnica cuantitativa estuvo abocada a la realización de mediciones en la Tierra como planeta y cuando se centraron en su superficie apoyaron la realización de mapas cada vez más precisos. Las técnicas cartográficas tuvieron su esplendor en la denominada era de los descubrimientos, transcurrida desde el siglo XV hasta el siglo XVII inclusive. En este período se destaca la realización del primer globo terráqueo realizado por Martin Behaim (1459-1507), el perfeccionamiento de los sistemas de proyección realizado por Johannes Werner (1468-1522) y el primer mapamundi mural con la distribución espacial precisa de los diversos continentes realizado por Martin Waldseemüller (1470-1520)⁹ y que se considera el “acta de nacimiento” del continente americano. También es de destacarse el trabajo geodésico realizado por Charles Marie de La Condamine (1701-1774) entre Quito y Cuenca en 1735¹⁰ y que, con la medición de un grado de meridiano terrestre en comparación a una similar medición realizada por Pierre Maupertuis (1698-1759) en Laponia, diera por finalizado el debate

4 Martonne, E (1909). *Traité de Géographie Physique*. Paris, Armand Colin.

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

6 Dollfus, O (1978). *L'Analyse Géographique*. Paris, Presses Universitaires de France.

7 Buzai, GD (2018), “Geografía Global: la dimensión espacial en la ciencia y en la sociedad”; en: *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, vol 263, n° 3, p 9-26.

8 Sagan, C (2013). *Cosmos*. New York, Ballantine Books.

9 Thrower, NJW (2002). *Mapas y civilización*. Barcelona, Ediciones del Serbal.

10 Lafuente, A & A Mazuecos (1992). *Los caballeros del punto fijo*. Quito, Abya-Yala.

sobre la forma de la Tierra a favor de la tesis de Isaac Newton (1643-1727) frente a la de Giovanni Cassini (1625-1712) cuando se comprueba su ensanchamiento en el Ecuador y achatamiento en los polos.

Sin embargo todas estas líneas de trabajo estuvieron desarrolladas en un período que puede denominarse *pre-paradigmático*, con una extensión de más de dos mil años hasta llegada la crisis en la definición del objeto de estudio material de la disciplina y su superación en lo que es considerado el nacimiento de la Geografía Moderna¹¹. Los aportes de Karl Ritter (1779-1859)¹², Ferdinand von Richthofen (1833-1905)¹³ y de Friedrich Ratzel (1844-1904)¹⁴ son fundamentales en la nueva construcción y particularmente la última publicación es el basamento fundamental para la definición de la Geografía Humana.

La Geografía dejaba de ser una ciencia focalizada en los aspectos físico-naturales terrestres para incorporar definitivamente al hombre y sus actividades, convirtiéndose en la ciencia que evolucionaría hasta hoy a partir de la búsqueda de diferenciaciones espaciales producidas por la relación entre la sociedad y la naturaleza sobre la superficie terrestre.

Período paradigmático. Al inicio del siglo XX el objeto de estudio de la Geografía fue la región, una porción delimitada de la superficie terrestre que sintetiza la totalidad de las relaciones analizadas, y como las regiones eran consideradas únicas e irrepetibles, el método de análisis principal fue el descriptivo. Uno de los conceptos centrales es el de paisaje¹⁵ cuando la focalización se realiza en la manifestación visible.

Esa perspectiva cualitativa tuvo predominancia durante las primeras tres décadas del siglo y luego contó con una actualización conceptual realizada por Richard Hartshorne (1899-1992) al considerar la posibilidad de construcción regional¹⁶, la cual sería lograda a partir de la superposición por asociación espacial entre diferentes mapas que brindan la base para la definición de *regiones geográficas formales*¹⁷ a través de la combinación de categorías.

Desde un punto de vista conceptual aparece una nueva definición de la Geografía que la considera el estudio de la diferenciación areal¹⁸ y desde un punto de vista me-

11 Buzai, GD (1999). *Geografía Global*. Bs As, Lugar Editorial.

12 Ritter, K (1852). *Einleitung zur allgemeinen vergleichenden Geographie, und Abhandlungen zur Begründung einer mehr wissenschaftlichen Behandlung der Erdkunde*. Berlin, Reimer.

13 Richthofen, F von (1883). *Aufgaben und Méthoden der heutigen Geographie*. Leipzig, Univerität Leipzig.

14 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.

15 Baxendale, CA (2016), "Geografía y Paisaje"; en: Buzai, GD y otros. *Geografía y Análisis Espacial. Aplicaciones urbano-regionales con Sistemas de Información Geográfica*. Luján, Edunlu, p 79-88.

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

17 Rey Balmaceda, RC (1973). *Geografía Regional. Teoría y aplicación*. Bs As, Estrada.

18 Hartshorne, R (1939), "The Nature of Geography: A critical survey of current thought in the light of the past"; in: *Annals of the Association of American Geographers*, vol 1, n° 29, p 173-658.

todológico la superposición de mapas aparece como procedimiento exclusivo de la Geografía¹⁹ que aun actualmente tiene gran importancia en el contexto de las nuevas tecnologías a través del algebra de mapas²⁰.

El cambio epistemológico que llevó hacia la posibilidad de construcción regional fue el que propició la aparición del paradigma cuantitativo sustentado en el trabajo de Fred K Schaefer basado en una fuerte crítica a la postura idiográfica y mostrando la necesidad de que la Geografía adopte una postura científica basada en el positivismo²¹. Presenta a la región como un *laboratorio* en el que se ponen a prueba leyes científicas de carácter general, se generan modelos espaciales y se sientan las bases para la aparición de la Geografía Cuantitativa.

La Geografía no debía estudiar la realidad espacial a través de aspectos únicos e irrepetibles, sino que los debía abordar de forma *nomotética* al focalizarse en aspectos generalizables encontrando regularidades²² que permitan descubrir las leyes que rigen las pautas de distribución espacial. De esta manera la Geografía no solamente sería una ciencia del presente que recurre al pasado, sino que puede avanzar hacia la predicción de distribuciones espaciales futuras.

Se produce lo que Ian Burton denominó como *revolución cuantitativa* en Geografía²³ con trabajos de aplicación en diferentes líneas que llegan a una primera sistematización en Bunge donde la matemática es el lenguaje de la ciencia y la geometría el lenguaje espacial²⁴. Se reconocen los trabajos pioneros como el modelo de localización agrícola²⁵, el modelo de localización industrial²⁶ y la teoría de los lugares centrales²⁷ como antecedentes de la aplicación del análisis espacial cuantitativo en Geografía Humana. Siguiendo esta línea la *matriz geográfica* propuesta posteriormente por Brian J L Berry²⁸ permitiría un importante avance a partir del uso de métodos de análisis multivariado con fines de regionalización y al mismo tiempo el concepto de matriz se convertía en un componente central de los SIG. La Geografía clasificaba espacios desde un punto de vista cuantitativo, pasaba a descubrir factores subyacentes en el comportamiento

19 Sorre, M (1947-48). *Les fondements de la géographie humaine*. París, Armand Colin.

20 Tomlin, D (1990). *Geographic Information Systems and Cartographic Modelling*. New Jersey, Prentice Hall.

21 Schaefer, FK (1953), "Exceptionalism in Geography: A methodological examination"; in: *Annals of the Association of American Geographers*, vol 43, n° 3, p 226-249.

22 Windelband, W (1970 [1891]). *Historia general de la Filosofía*. Bs as, El Ateneo.

23 Burton, I (1963), "The quantitative revolution and theoretical geography"; in: *The Canadian Geographer*, vol 7, p 151-162.

24 Bunge, W (1962) *Theoretical Geography*. Lund, The Royal University of Lund, CWK Gleerup.

25 Thünen, JH von (1826). *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*. Rostok.

26 Weber, A (1957 [1909]). *Theory of the Location of Industries*. Chicago, The University of Chicago Press.

27 Christaller, W (1966 [1933]). *Central Places in Southern Germany*. New Jersey, Prentice-Hall.

28 Berry, BJJ (1964), "Approaches to Regional Analysis: A Synthesis"; in: *Annals of the Association of Geographers*, vol 54, n° 2, p 2-11.

socioespacial a partir del uso del Análisis Factorial y disponía de la posibilidad de regionalización cuantitativa a partir del Análisis *Linkage* y *Cluster*. Posibilidades que al finalizar el período fueron sistematizados con centralidad en las metodologías y técnicas²⁹.

Esta sistematización de la información espacial separa el mapa (base de datos gráfica) de los atributos de sus unidades espaciales (base de datos alfanumérica) y la aplicación de técnicas cuantitativas permite eludir la rigidez generada por las representaciones geométricas, ya que los procedimientos se realizan en los datos numéricos para luego representar los resultados obtenidos en la cartografía. Las técnicas comienzan a sustentarse en la aplicación estadística como especialidad de las matemáticas que entiende en las formas para obtener, sistematizar, tratar, analizar y presentar resultados para la toma de decisiones. En este caso se realiza a partir del uso de datos geográficos, referenciados espacialmente sobre la superficie terrestre.

En este contexto la Geografía Cuantitativa avanza desde inicios de la década de 1950 con sus teorías, metodologías y técnicas en sistematización a partir de los aportes de Fred K Schaefer, Waldo Tobler, William Bunge, Peter Haggett y David Harvey, incorporándose estos conocimientos en una lógica sistémica global con el trabajo de Peter Gould que será analizada como contexto de síntesis. Estos textos presentan aspectos que permiten delinear el espíritu de la Geografía Cuantitativa³⁰ a través de sus principales conceptos los que serán presentados a continuación como base epistemológica clásica de impacto en la investigación geográfica actual.

Geografía científica, Fred K Schaefer, 1953

No son muchas las ciencias que pueden aducir que fueron el objeto de interés de Immanuel Kant (1722-1804). El filósofo prusiano durante cuatro décadas enseñó Geografía Física en la Universidad de Königsberg, entre 1757 y 1797. Concebía a la Geografía como una aproximación al conocimiento empírico necesario para la investigación filosófica³¹. En su interés por explicar el universo como un sistema armónico a través de un orden matemático de relaciones perfectas, llegó a la conclusión que no podía entender toda la complejidad de la realidad universal empleando únicamente los recursos matemáticos³².

Esta contradicción que advirtió y que asumió como una evolución de su pensamiento, es la que abrió la puerta a que considerase a la Geografía y a la Historia como dos ciencias especiales, excepcionales. Desde esta perspectiva, basándose metodológicamente en la descripción, la primera tendría como objeto de estudio el espacio y la segunda el tiempo.

Kant atribuía a ambos conceptos, tiempo y espacio, un carácter único y como tales no podían explicarse mediante la matematización y la formulación de leyes que él con-

29 Cole, S & L King (1968). *Quantitative Geography*. Glasgow, John Wiley & Sons.

30 Haggett, P (2008), "The Spirit of Quantitative Geography"; in: *Geographical Analysis*, vol 40, p 226-28.

31 Holt Jensen, A (2018). *Geography. History and Concepts*. London, SAGE.

32 Rojas Salazar, T (2007), "Los aportes de Kant a la Geografía"; in: *Terra*, vol XXIII, n° 34, p 11-33.

sideraba esenciales en esa explicación del universo que intentaba conseguir. Ambas ciencias estudiaban “fenómenos heterogéneos, irrepetibles y únicos” y, por lo tanto, debían ser consideradas ciencias excepcionales, distintas a cualquier otra. En ese sentido, podían describir y comprender fenómenos en el espacio y en el tiempo, pero no podían formular leyes que pudieran aplicarse sistemáticamente a esos fenómenos analizados, con el objetivo, por ejemplo, de predecir escenarios futuros basados en esas leyes³³.

En el campo de la Geografía este enfoque, que se conoce como enfoque ideográfico, fue mantenido por numerosos geógrafos a lo largo de los años, especialmente los dedicados al ámbito de la Geografía Regional, que consideraban cada región como un caso único de análisis. Entre ellos, se encontraba Richard Hartshorne que podría ser considerado como el máximo exponente de esta visión de la Geografía y protagonista, junto con Fred K Schaefer, de uno de los debates geográficos más intensos e interesantes que se han producido en este ámbito científico a lo largo de su historia.

Fue Schaefer quien planteó la crítica más contundente a la perspectiva que mantenía la excepcionalidad de la Geografía³⁴. Manifiesta que la Geografía no podía ser considerada una ciencia excepcional imposibilitada de establecer teorías, leyes o modelos, sino ese debería ser uno de sus objetivos centrales. Consideraba, tomando el ejemplo de la región que, aunque era cierto que no todas ellas eran iguales, eso no significaba que fueran únicas, sino que cada una podía tener características específicas, pero en todas ellas era posible identificar ciertas características comunes que debían ser estudiadas en toda la superficie terrestre y a partir de este estudio, establecer teorías, leyes y modelos que sirvieran “para explicar situaciones aún no consideradas”³⁵.

Es a partir de este marco conceptual que plantea Schaefer, que la Geografía transita desde la ideografía y la limitación descriptiva kantiana, hacia la nomotética y, con ello, hacia la cuantificación y la matematización, hacia la construcción de teorías, leyes y modelos, es decir, hacia el paradigma teórico-cuantitativo en Geografía que se inaugura con este texto.

Desde la perspectiva que se plantea en este breve análisis, vinculado a las geotecnologías y en especial a los SIG, las ideas más relevantes de la aportación de Schaefer se encuentran entre las páginas 243 a 245 de la versión original inglesa del artículo. En ellas el autor expone su opinión acerca de la condición morfológica de la Geografía y como el geógrafo debe centrarse en la observación de las estructuras geográficas tal y como las encuentra obviando las referencias a los procesos que las generan, que implican tiempo y cambio, a diferencia de lo que posteriormente propondría Brian J L Berry con la matriz geográfica³⁶ y de lo que actualmente se contempla en el análisis geográfico. En estos pasajes es donde reflexiona acerca de cómo ese carácter morfoló-

33 Capel, H (1971) (traducción), “Schaefer y la nueva Geografía. Excepcionalismo en Geografía”; en: *Colección Pensamiento y Método Geográfico*. Barcelona, Universitat de Barcelona, p 9-25.

34 Schaefer, FK (1953), obra citada.

35 Schaefer, FK (1953), obra citada, p 229.

36 Berry, BJL (1964), obra citada.

gico de la Geografía encuentra su propia herramienta de expresión en la Cartografía, los mapas y la correlación cartográfica.

En veinticinco líneas, Schaefer introduce toda una serie ideas verdaderamente trascendentales para la Geografía, la Cartografía y los SIG. Empieza su argumentación, manifestando que la Cartografía es mucho más que una simple taquigrafía para la Geografía, sino que lo que verdaderamente es, es lo que los matemáticos describen como un modelo isomorfo, en este caso del espacio geográfico (no utiliza explícitamente el término modelo, sino que usa la palabra *blueprint*, que en los años 1950 era como se denominaba a los planos constructivos que usaban arquitectos e ingenieros). Señala, seguidamente, que los procesos y técnicas de análisis geográfico se basan en gran medida en esos isomorfismos, es decir, en el uso de mapas por esa condición de modelos territoriales que les atribuye.

A continuación, indica que para la construcción de esos modelos son necesarios complejos procesos intelectuales de selección (la generalización cartográfica) de manera que, por un lado, se muestran sólo aquellos elementos en los que el geógrafo está interesado y, por otro lado, que esto se hace despreciando las diferencias que puedan existir entre ellos, representándolos, por ejemplo, usando los mismos símbolos. Nos advierte de lo conveniente que es disponer de un vehículo como el cartográfico para llevar a cabo estos procesos de abstracción espacial.

En tercer lugar, establece que los mapas, al ser representaciones isomorfas de la realidad geográfica (modelos geográficos), no sólo sirven para representar los elementos entre los cuales se intentan establecer correlaciones espaciales, sino que muestran directamente esas correlaciones. Por ejemplo, en un mapa un elemento aparece dibujado cerca de otro, un elemento comparte un límite con otro, un elemento puede superponerse a otro que comparta su misma localización y que esté dibujado en otro mapa, etcétera.

Para Schaefer eso significa que del mismo modo que otros científicos utilizan los gráficos o los diagramas para representar relaciones funcionales, los geógrafos usan el mapa y las técnicas de correlación cartográfica implícitas en él para alcanzar ese objetivo. Así, usan la técnica de la superposición de mapas, una técnica absolutamente habitual en el mundo de los SIG, para encontrar esas relaciones. Mediante esta combinación y la observación de los resultados obtenidos en ese proceso es posible advertir las mencionadas correlaciones.

Todo ello, según argumenta Schaefer, hace que la Cartografía y el análisis de la información geográfica basado en mapas, y aquí es donde aparece de nuevo la vinculación con los SIG, sean mucho más que unas simples técnicas (sin dejar de serlo), sino unas herramientas específicas para la abstracción y el análisis espacial como no existen otras y que es por estos motivos que la Geografía las utiliza como no lo hace ninguna otra ciencia.

La aportación de Schaefer a la evolución de los paradigmas geográficos es clave en la historia de esta especialidad científica. Desde la perspectiva geotecnológica y de los SIG, lo es porque en el enfoque que expone el autor, respecto al carácter morfológico

de esta ciencia, a la capacidad de los mapas para la abstracción territorial, para mostrar correlaciones y para el análisis espacial, es donde encuentran sus cimientos fundacionales, conceptuales y metodológicos de los SIG.

El impacto que han causado estas tecnologías en la Geografía han transformado radicalmente esta ciencia en las últimas cuatro décadas, convirtiéndola en lo que el propio Schaefer auguraba en su texto, una especialidad capaz de ir más allá de la necesaria, pero limitada, descripción de los elementos, fenómenos y procesos físicos y humanos que se producen sobre el territorio, que avanza hacia la comprensión del territorio de la mano de estas tecnologías que hacen operativos los conceptos centrales del análisis geográfico que propusieron los geógrafos cuantitativos durante los años 1950 y 1960 del siglo XX³⁷.

Automatización, Waldo Tobler, 1959

Resulta verdaderamente llamativo que en 1959 alguien pudiera plantear el uso de las computadoras en Cartografía, ocho años antes de la aparición de la UNIVAC I, primera computadora fabricada con fines comerciales.

Esta visión premonitoria se presenta en el artículo *Automation and Cartography* escrito por Waldo Tobler³⁸, geógrafo y cartógrafo formado en la Universidad de Washington (Seattle), en el grupo que dirigía el geógrafo cuantitativo William Garrison y al cual también pertenecían los geógrafos Brian J L Berry y William Bunge. Tobler es conocido de manera general por haber formulado la primera ley de la Geografía que indica que “todas las cosas están relacionadas entre ellas, pero las más cercanas entre sí están más relacionadas que las que están más alejadas”, cuyo enunciado es el fundamento teórico que toman como referencia los métodos de interpolación y la autocorrelación espacial.

El texto sobre la automatización de la Cartografía que aquí se revisa, fue escrito para la revista *Geographical Review*, cuando el autor colaboraba profesionalmente con la empresa *System Development Corporation* considerada la primera empresa desarrolladora de *software*. Estos aspectos relativos a la actividad profesional deben ser destacados pues es precisamente en un entorno profesional, tan relevante en el contexto de los SIG en cuanto a las posibilidades de profesionalización que ofrecen en la actualidad a los geógrafos, donde este cartógrafo advirtió que los sistemas computacionales que usaba y desarrollaba esta empresa, podían tener un papel destacado en la automatización de la especialidad aplicada.

Tobler intenta responder a la pregunta de si existe la posibilidad de aplicar la automatización en la Cartografía y de qué manera puede llevarse a cabo este proceso. El texto empieza con una frase tremendamente reveladora, *Automation, it would seem, is here to stay* (La automatización parece que ha llegado para quedarse). Con el objetivo de abordar tal automatización, el autor propone que el proceso de elaboración de mapas sea entendido como un proceso complejo de procesamiento de datos, intentan-

37 Buzai, GD (2018), obra citada.

38 Tobler, W (1959), “Automation and Cartography”; in: *Geographical Review*, vol 49, n° 4, p 526-34.

do buscar similitudes entre los procedimientos de tratamiento de datos en general y aquellos que pueden ser específicos de la Cartografía. Intenta entender la Cartografía en el nuevo contexto computacional como el procesamiento de datos geográficos a alta velocidad utilizando las computadoras para, con ello, transformando el mapa convencional en papel en un mapa digital, concretamente como un elemento de almacenaje de información geográfica, lo que hoy en día equivaldría a un SIG.

En primer lugar, se centra en contemplar el mapa digital como mecanismo para el almacenamiento de datos. Estos datos se guardarían de manera simbólica y selectiva y el mapa sería el equivalente a un almacén de información geográfica.

En segundo lugar, apunta al concepto de mapa como elemento de entrada de datos. Para esa adquisición de datos propone la conversión de los mapas analógicos en digitales usando, por ejemplo, tarjetas perforadas o, de una manera más directa, mediante sistemas de adquisición de datos basados en video (algo parecido a un proto-escáner) que posteriormente pueden ser convertidos a otros formatos utilizando máquinas de reconocimiento de patrones (una suerte de programas para la vectorización de capas *raster*). En tercer lugar, se centra en entender el mapa digital como mecanismo de salida de los datos procesados, que considera la aplicación más interesante de todas las mencionadas. Habla de salidas de datos a través de pantallas o soportes físicos obtenidos mediante dispositivos mecánicos de dibujo. Distingue entre salidas que utilicen mapas previamente preparados, donde se dibujan datos procedentes de tablas, o mapas que se generan desde cero en hojas en blanco. En este último caso, considera que se cierra el proceso de automatización cartográfica cuando puede usarse el mapa tanto para almacenar datos, como para introducir datos, como para recuperarlos y augura que quizás llegará el día en que existirán grandes repositorios de tarjetas perforadas que contendrán información geográfica diversa (límites administrativos, líneas de costa, ciudades, líneas de ferrocarril, etc.) para ser usada por quien lo necesite en estos entornos digitales. En relación con esta propuesta, sería posible identificar los geoportales, las infraestructuras de datos espaciales o los geoservicios como los herederos de esta idea.

Para concluir con su premonitoria visión, Tobler toma aún más riesgos en su afán por descubrir a sus coetáneos el futuro de la Cartografía digital al aventurar otros usos de la automatización. Por ejemplo, piensa que en el futuro quizás sea posible calcular intersecciones de planos y superficies (las mismas superposiciones y correlaciones espaciales que menciona Schaefer), realizar cambios de escala y proyecciones cartográficas, llevar a cabo otras operaciones lógicas, representar complicados relieves topográficos y acometer procesos de generalización cartográfica.

Cada una de estas aplicaciones resultan habituales en el campo de los SIG. En estos sistemas existen operaciones de superposición basadas, por ejemplo, en la teoría de conjuntos (intersección, identidad, unión, diferencia simétrica ...), análisis basados en la algebra de mapas, la posibilidad de usar cientos de proyecciones cartográficas para representar fidedignamente la información almacenada, la capacidad de representar la tercera dimensión de los datos territoriales o de llevar a cabo operaciones de generalización geométrica y conceptual.

Los pioneros planteamientos de Tobler acerca de la automatización de la Cartografía probablemente fueron considerados más cercanos a la ciencia ficción que a la realidad cuando fueron planteados. Con la ventaja que proporciona observar sus ideas desde hoy en día, debe admitirse que, en realidad, eran la visión premonitoria de un cartógrafo que entendió perfectamente el papel que podían jugar las nuevas tecnologías en la transformación de esta especialidad y, por extensión, de la Geografía, en la cual poco más de dos décadas y media después se pudo determinar el surgimiento de una Geografía Automatizada³⁹.

Matemática espacial, William Bunge, 1962

A pesar de que la necesidad de construir una Geografía científica había sido propuesta inicialmente por Fred K Schaefer y su avance a la automatización realizado por Waldo Tobler, es posible afirmar que una década después queda definida la *Geografía Cuantitativa* con el libro de William Bunge⁴⁰. El artículo de Burton describe la revolución cuantitativa en Geografía⁴¹ aunque el modelo desarrollado por Thomas S Kuhn⁴², que permite explicar esta revolución como parte del desarrollo científico, recién comenzaría a ser utilizado unos años más tarde cuando se incorpora el concepto de *paradigma* en el análisis histórico disciplinar⁴³.

El libro *Theoretical Geography* de William Bunge muestra claramente que la Geografía Humana había experimentado una revolución científica con un cambio paradigmático, convirtiéndose en el *hito* del paso de la Geografía Racionalista a la Geografía Cuantitativa⁴⁴.

Su objetivo fue establecer los vínculos entre la teoría con los hechos (descripción) y con la lógica (matemáticas) haciendo que la Geografía incorpore procedimientos científicos aplicados a la investigación del espacio geográfico. El desafío del nuevo paradigma es hacer que la teoría pueda integrar la base empírica de los hechos observados y su representación lógica simbólica a través de la matemática, considerándose a la matemática como lenguaje de la ciencia y a la geometría como lenguaje de la dimensión espacial, aunque reconoce posteriormente una “matemática espacial” como vinculación de ambas⁴⁵.

El lenguaje matemático resulta esencial ya que, desde un punto de vista teórico, permite la máxima *claridad* en sus formulaciones eliminando toda contradicción que pue-

39 Dobson, JE (1983), “Automated Geography”; in: *The Professional Geographer*, vol 35, n° 2, p 135-43.

40 Bunge, W (1962), obra citada.

41 Burton, I (1963). obra citada.

42 Kuhn, TS (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, The Chicago University Press.

43 Haggett, P & R Chorley (1962), “Models, Paradigms and the New Geography”; in: Chorley, R & P Haggett (Ed). *Integrated Models in Geography*. London, Methuen, p 19-39.

44 Buzai, GD (1999). *Geografía Global*. Bs As, Lugar Editorial.

45 Bunge, W (1976), “Film interview with William W Bunge. Geographers on film, project of the Association of American Geographers”, interviewed by Donald G Janelle, November 3, 1976. Washington DC. Library of Congress. <https://www.loc.gov/item/mbrs01844974/>

da aparecer en las aproximaciones lingüísticas y, desde un punto de vista metodológico, permite abordajes con *simplicidad* a través del control del número de variables, *generalidad* en el alcance de la información considerada y *exactitud* entre las mediciones y los hechos observacionales. Asimismo, a la actividad científica, se incorpora la posibilidad de predicción y en Geografía puede lograrse con la consideración de la generalización y el uso de métodos cuantitativos.

Theoretical Geography presenta a la Geografía como *ciencia espacial* y, en ese sentido, la totalidad de temas están destinados al análisis claro, simple, general, exacto y predictivo de las distribuciones espaciales. Desde un punto de vista sintético, la combinación de temas, lleva a comprender la organización espacial en la actualidad y su posible tendencia futura. En su contenido aborda cuestiones fundamentales como los alcances de la metodología geográfica, cartografía, formas espaciales, matemática descriptiva, teorías del movimiento, teoría del lugar central y la representación de las distancias y las cercanías-lejanías a través de la geometría.

La cartografía tradicional se basa en la escala que lleva a la generalización y distorsión, mientras que la cartografía científica se basa en la distancia y la dimensionalidad. La *Macrogeografía* avanza con formulaciones matemáticas que permiten abordar los aspectos subyacentes de un *espacio relativo*⁴⁶.

Analiza la *forma* como una de las principales características empíricas del espacio geográfico y aporta elementos para su medición. Las distribuciones espaciales tienen diversas formas y los índices permiten compararlas con precisión.

La tradicional tarea de la descripción en Geografía puede avanzar hacia un nivel cuantitativo a través de la *matemática descriptiva* donde las mediciones y gráficos muestran nuevas perspectivas de la realidad.

Las *teorías del movimiento* y la *teoría del lugar central* se combinan para contener gran parte de la teoría geográfica cuantitativa. El primero incluye la dimensión temporal, ya que el tiempo se hace evidente a través del movimiento y el segundo la organización espacial por áreas de influencia de los centros poblados según sus tamaños y sus conexiones. Las relaciones de cercanía y lejanía pueden representarse claramente a través de la geometría y el uso de aspectos topológicos a través de la *teoría de grafos* en un lo que generaría un desarrollo fundamental de la modelización de redes⁴⁷.

Muchas décadas después, aún se discute sobre los alcances del análisis espacial y aunque existan diferentes posturas⁴⁸, todas ellas consideran que en su interior estarían los contenidos de la *matemática espacial* con alcance teórico y metodológico sintetizado en la aplicación.

El trabajo de William Bunge es la sistematización inicial de la Geografía Cuantitativa, con lo cual obtuvo mayores capacidades multidisciplinarias y constituye la primera

46 Stewart, JQ & W Warntz (1958), "Macrogeography and social sciences"; in : *Geographical Review*, vol 48, p 167-84.

47 Haggett, P (1969), "Network Models in Geography"; in: en Chorley, Richard & Haggett, Peter (Eds). *Integrated Models in Geography*. London, Methen, p 609-68.

48 Buzai, GD & CA Baxendale (2006). *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Bs As, Lugar Editorial.

base fundamental para el desarrollo de los SIG. A través de su aplicación se logra el objetivo paradigmático: la aplicación de procedimientos lógicos que, a través de la matemática, lleven a la Geografía a un *status* científico orientado al análisis espacial de la sociedad.

Revolución, Ian Burton, 1963

No existen dudas de que el impacto de la cuantificación en la Geografía generó una revolución, no en el inicial significado del concepto en el ámbito de las ciencias físico-naturales, como regreso al lugar de inicio, sino en el significado que adquiere en las ciencias sociales al aludir a un cambio drástico, opuesto al orden establecido y con cierta violencia⁴⁹.

La *Revolución Cuantitativa* en Geografía ocurrió durante los años previos a que Thomas S Kuhn propusiera el modelo que brindaría la más acabada explicación del desarrollo científico centrado en el concepto de *paradigma*⁵⁰.

Es el artículo de Burton⁵¹ el que presenta las características conceptuales de la revolución cuantitativa en Geografía, un proceso que para ese año ya había concluido, es decir, que el libro de sistematización publicado por Bunge⁵² concluye la revolución y permite que, desde ahí en adelante, los conceptos generados pasen al acervo general de la disciplina.

Esta revolución se gesta en contraposición a la perspectiva *idiográfica* que mantenía la Geografía tradicional a partir de superar el determinismo geográfico como marco interpretativo de los procesos espaciales a finales del Siglo XIX. El determinismo, mediante abordajes mecanicistas, permitía comprender los hechos históricos como resultado del contexto general impuesto por la geografía regional y mundial.

La Geografía tradicional estudiaba aspectos únicos e irrepetibles. Su mayor actualización teórica fue realizada por Hartshorne (1939) a partir de seguir los lineamientos teóricos de Alfred Hettner (1859-1941), el cual se basaba en la filosofía idealista de Emmanuel Kant (1724-1804) y se apoyaba en la clasificación de las ciencias formulada por Wilhelm Windelband (1863-1936) y Heinrich Rickert (1848-1915) que separaba a la Geografía del nivel aplicativo.

Pasaron 14 años para que la publicación de Hartshorne tuviera una importante crítica conceptual realizada por Schaefer⁵³. Esta se centraba básicamente en el hecho de apelar a la necesidad de construcción de una Geografía Científica contemplando aspectos de la ciencia pura y aplicada. Esto sería logrado ante la posibilidad de incorporar métodos basados en la cuantificación que permitan realizar modelos y formular leyes científicas de las pautas de distribución espacial.

49 Cohen, IB (1989). *Revolución en la ciencia*. Barcelona, Gedisa.

50 Kuhn, TS (1962), obra citada.

51 Burton, I (1963), obra citada.

52 Bunge, W (1962), obra citada.

53 Schaefer, FK (1953), obra citada.

La incorporación de métodos cuantitativos se había producido inicialmente en el campo de la Geomorfología. Los trabajos de Grove Gilbert (1843-1918) encuentran en los desarrollos de Arthur Strahler (1918-2002)⁵⁴ un importante avance basado en la cuantificación. Sin embargo estos trabajos no producen impacto en el campo de la Epistemología de la Geografía ya que formaban parte en un área temática apartada de una posición central en la Geografía que había sido definida de manera sólida como ciencia humana.

En la década de 1940 avanzan estudios de cuantificación espacial provenientes de la Física. El trabajo del filólogo George Zipf (1902-1950)⁵⁵ genera la *regla del rango-tamaño*, ley científica que permitiría estudiar la cantidad y tamaño de los centros urbanos lo que permite avanzar en procesos de interacción espacial. Sus características se vinculan a la teoría del lugar central propuesta por Christaller⁵⁶ y abría un camino de importancia para avanzar en los estudios de Stewart y Warntz⁵⁷ como una macrogeografía de los fenómenos humanos.

Para Burton la revolución cuantitativa en Geografía comenzó a finales de la década del cuarenta o principios de los cincuenta y finalizó una década después. En nuestro análisis el inicio queda claramente representado en el trabajo de Schaefer⁵⁸ reconociendo avances en aplicaciones previas de investigaciones en Geomorfología y Geografía Económica para finalizar con el trabajo de sistematización realizado por Bunge⁵⁹.

Esta revolución intelectual fue concluida cuando las ideas anteriores son reemplazadas por ideas nuevas y las ideas revolucionarias pasan a formar parte del conocimiento convencional. Se considera el establecimiento de un nuevo orden, aspecto que, tomando el modelo de Kuhn⁶⁰ posteriormente se vincularía al dominio de un nuevo paradigma en un nuevo período de *ciencia normal*.

En esta segunda etapa, ya habiendo pasado la revolución, reconocemos un período de ciencia normal de casi una década en la cual la Geografía progresa por acumulación de conocimientos hasta las últimas sistematizaciones teórico-metodológicas realizadas por Cole y King,⁶¹ Harvey⁶² y Abler, Adams y Gould⁶³.

Revolución (1953-1962) y consolidación (1963-1971). A medio siglo de la finalización del predominio paradigmático, la *revolución cuantitativa*, vuelve a generar interés de nuestra comunidad científica en los que se reconoce que los desarrollos teórico-meto-

54 Strahler, AN (1957), "Quantitative analysis of watershed geomorphology"; in: *Transactions of the American Geophysical Union*, vol 38, n° 6, p 913-20.

55 Zipf, G (1949). *Human Behaviour and the Principle of Least Effort*. Cambridge, Addison-Wesley.

56 Christaller, W (1966 [1933]), obra citada.

57 Stewart, JQ & Warntz, W (1958), "Macrogeography and social sciences"; in: *Geographical Review*, vol 48, p 167-84.

58 Schaefer, FK (1953), obra citada.

59 Bunge, W (1962), obra citada.

60 Kuhn, TS (1962), obra citada.

61 Cole, S & L King (1968). *Quantitative Geography*. Glasgow, John Wiley & Sons.

62 Harvey, D (1969). *Explanation in Geography*. London, Edward Arnold.

63 Abler, R, J Adams & P Gould (1971), obra citada.

dológicos del período son fundamentales para el avance de una Geografía que, a través de los avances tecnológicos actuales, genera un *giro espacial* en las ciencias sociales.

Matriz Geográfica, Brian J L Berry, 1964

El concepto de *matriz* tomó un lugar central en el ámbito de la investigación cuantitativa en Geografía y se transformó en la base fundamental de los SIG.

Fue Berry quien introdujo, a través de esta organización, importantes posibilidades operativas en nuestra ciencia⁶⁴, las cuales fueron orientadas hacia el tratamiento de unidades espaciales con la posibilidad de aplicar el análisis multivariado en procesos de regionalización. La propuesta del autor se presenta como una síntesis organizativa a partir de la cual es posible identificar claramente los principales enfoques del análisis regional.

La *matriz de datos tradicional* es una estructura que organiza los datos cuantitativos en una tabla de doble entrada en donde las filas representan las unidades espaciales y las columnas las diferentes variables medidas en ellas.

Toda propuesta de aplicación estadística en esta organización estará centrada en el tratamiento de variables y el objetivo metodológico es la obtención de macrovariables formadas por un conjunto de variables de similares comportamientos. El resultado final se obtiene como procedimiento clasificatorio que, representado en el mapa, cada macrovariable brinda una síntesis de la distribución espacial de sus componentes.

La *matriz geográfica* también almacena información sobre la observación de un fenómeno en un lugar determinado (hecho geográfico, *geographical fact*) pero su marco es transpuesto, en este caso las variables se encuentran ubicadas en el sentido de las filas y las unidades espaciales en las columnas.

La propuesta de aplicación estadística difiere del abordaje tradicional al aplicar el análisis multivariado en el sentido de las columnas y, de esta manera, su objetivo es unir unidades espaciales en regiones de mayor amplitud. El resultado final muestra una regionalización asociada a una matriz de datos con datos agrupados para las nuevas unidades espaciales.

La construcción matricial es una propuesta conceptual coherente que nos permite mostrar los diferentes tipos de abordajes realizados en el análisis regional y permitió diferentes líneas conceptuales.

Si analizamos la matriz geográfica en el sentido de las filas estamos viendo como cada tema se distribuye espacialmente en el área de estudio (*Geografía General*) y si lo hacemos en el sentido de las unidades espaciales estamos viendo como el conjunto de hechos geográficos se combinan de manera específica en cada una de ellas (*Geografía Regional*). La dimensión temporal se logra por superposición de matrices de diferentes años (*Geografía Histórica*).

Considerando esta perspectiva pueden realizarse diferentes abordajes de análisis: (1) Un tema en la totalidad de unidades espaciales (distribución espacial, un mapa temá-

64 Berry, BJL (1964), obra citada.

tico), (2) Una unidad espacial en la totalidad de contenido (combinación de diferentes hechos geográficos en un sitio), (3) varios temas en la totalidad de unidades espaciales (asociación espacial de variables), (4) varias unidades espaciales en la totalidad de contenidos (diferenciación areal) y (5) Todos estos estudios pueden realizarse en un subconjunto dentro de la matriz.

Los procedimientos corresponden a la metodología de un proceso de generalización ya que se parte de la mayor diferenciación interna para ir construyendo agrupamientos más amplios y con mayor superficie de homogeneidad. Es lo que se denomina *regionalización por agregación de sitios*.

En síntesis, la *matriz geográfica* desde su conceptualización a mediados de la década de 1960 se ha convertido en una de las herramientas de mayor operatividad para la investigación en Geografía cuando el objetivo de la tarea demanda un eficiente almacenamiento y tratamiento de la información cuantitativa utilizada. Resultó también importante porque a través de su estructura brindó una integración satisfactoria en los criterios demarcatorios de diferentes perspectivas de abordaje geográfico.

En la actualidad la *matriz de datos tradicional* corresponde a la tabla de atributos del SIG vectorial, la *matriz geográfica* es utilizada con programas de análisis estadístico en el campo de la Geoinformática y el concepto de matriz se traslada a la estructura del SIG *raster* donde el hecho geográfico se asigna directamente a una celda que se localiza por la coordinada fila-columna y que corresponde a un dato georreferenciado. Los métodos en esta estructura corresponden a los del modelado cartográfico y álgebra de mapas.

Esto indica que en el interior del concepto matriz geográfica pueden ser incluidos en la actualidad tres organizaciones matriciales con datos vinculados al espacio geográfico, por lo que el concepto inicial propuesto por Brian J L Berry logra mayor amplitud, mayores posibilidades metodológicas y una importante vigencia.

Sistema Locacional, Peter Haggett, 1965

Una obra de central importancia para la Geografía Humana con enfoque cuantitativo es el libro *Locational Analysis in Human Geography* realizado por Peter Haggett⁶⁵. Lo que según el autor, comenzó siendo un compendio de notas realizadas para el dictado de cursos y conferencias universitarias, pasaron a ser capítulos de la obra, la cual tuvo como propósito dar a conocer lo acontecido en la Geografía académica en cuando al creciente uso de los modelos teóricos y de las técnicas del análisis espacial cuantitativo aplicados al estudio de los sistemas locacionales.

El trabajo se encuentra estructurado en dos partes. La primera referida a los modelos de estructura locacional, donde se desarrollaron diversos modelos teóricos (clásicos y modernos) y aspectos de interés geográfico agrupados en función de la simetría geométrica detectada en los sistemas regionales. La segunda corresponde a los méto-

65 Haggett, P (1965), obra citada (Traducción: *El análisis locacional en la Geografía Humana*. Barcelona, Gustavo Gili, 1976).

dos de análisis locacional con un recorrido por las diferentes herramientas disponibles con finalidad empírica.

En la perspectiva que presenta Peter Haggett los conceptos centrales de la estructura locacional están referidos al movimiento, redes, nodos, jerarquía y superficies. Cada uno de ellos puede ser operativizado a través de los procedimientos de análisis espacial con SIG.

El movimiento y, de manera conjunta, la noción de difusión, resultan relevantes para describir y explicar las estructuras regionales en su dinámica, un aspecto poco considerado en décadas anteriores al prevalecer el estudio de la Geografía Humana en los elementos estáticos y estables de la superficie terrestre, sin embargo, esta perspectiva fue cambiando. Los SIG permiten realizar de forma automatizada la detección de cambios espaciales a través de la aplicación del modelado cartográfico, series temporales, superficies de costo (isotrópicas y anisotrópicas) y el análisis de flujos de interacción espacial.

El movimiento se vincula al concepto de red, puesto que si bien los movimientos pueden producirse en cualquier dirección, en general la mayoría se desarrollan por canales específicos. Se desarrolla el análisis de redes⁶⁶ apoyado por la teoría de grafos, en los cuales pueden calcularse índices de conectividad, encontrar caminos óptimos por distancias, tiempos y fricciones y análisis globales a partir del uso de matrices origen-destino.

Al igual que los movimientos se vinculan a las redes, estas últimas se apoyan en lugares centrales como *nodos* al ubicarse como vértices que generan patrones de distribución espacial. Entre los temas considerados en el análisis de nodos se encuentran sus agrupamientos, formas y tamaños. Pueden ser incluidos métodos de la centrografía, análisis del vecino más próximo y la autocorrelación espacial⁶⁷.

Un concepto relacionado al de nodos es el de jerarquía locacional, hecho operativo a partir de la concentración poblacional, con base en los modelos clásicos de la teoría del lugar central en los desarrollos de Walter Christaller⁶⁸ y la ampliación de August Lösch⁶⁹. Actualmente aparecen posibilidades de los SIG en el campo de la geometría espacial, como la utilización de uso de mallas regulares en diversas escalas (hexágonos, cuadrados, triángulos) y la triangulación de Delaunay (TIN, *Trianguled Irregular Network*).

El último concepto es el de la estructura locacional de superficies, en este caso considerando superficies de densidad de población urbana que pueden ser derivadas del modelo de localización agrícola⁷⁰ con el avance de aplicación intraurbana en el modelo

66 Haggett, P (1969), obra citada.

67 Ebdon, D (1982). *Estadística para geógrafos*. Barcelona, Oikos-tau.

68 Christaller, W (1966 [1933]), obra citada.

69 Lösch, A (1954 [1939]). *Economics of Location*: New Haven, Yale University Press.

70 Thünen, JH von (1826), obra citada.

de los anillos concéntricos⁷¹. Las posibilidades actuales incluyen el cálculo de superficie con uso de isoclinas o de *buffers* como áreas de influencia ideales.

El aporte central de Peter Haggett corresponde a la sistematización de aspectos fundamentales del análisis espacial que hoy se encuentran sistematizados en los procedimientos de análisis del SIG, desde la construcción de modelos espaciales que permiten proponer y contrastar teorías, hasta la posibilidad de hacer operativos los conceptos centrales sistematizados, los cuales resultan ser la base para analizar la estructura locacional de los sistemas regionales actuales. Es una valiosa contribución al cuerpo teórico y metodológico de la Geografía ya que presenta un puente entre la teoría geográfica y los instrumentos cuantitativos puestos a disposición a través de las matemáticas aplicadas.

Moda en la ciencia, David Harvey, 1969

El libro *Explanation in Geography*⁷² es un excelente manual de Geografía Cuantitativa que resulta de gran importancia para aquel que intente adquirir conocimientos sobre esta perspectiva. Es la última y más completa sistematización, realizada en el año en que comienza a verse la finalización del período de ciencia normal y en el que se vislumbraba la aparición de un nuevo cambio paradigmático.

David Harvey, en las páginas iniciales, demuestra ser un gran defensor de la Geografía Cuantitativa al manifestar que “los geógrafos estaban desperdiciando, en general la oportunidad de aprovechar el fantástico potencial del método científico. Y lo que estaba implícito en la cuantificación era la filosofía del método científico”⁷³. Una apreciación que claramente se encuentra en la línea de los iniciales esfuerzos realizados desde el primer aporte de Fred K Schaefer para la construcción de una Geografía científica. El contenido se estructura en seis partes: Filosofía, metodología y explicación, La base metodológica y la explicación en Geografía, El papel de las teorías, leyes y modelos en la explicación en Geografía, El lenguaje de los modelos en la explicación en Geografía, Modelos descriptivos en Geografía y Modelos explicativos en Geografía. Incluye detalladas explicaciones teóricas de los temas y claros ejemplos de sus desarrollos metodológicos en la búsqueda de resultados.

A lo largo de sus páginas existe un claro hilo conductor que se apoya en el estudio de las leyes que rigen las distribuciones espaciales, las posibilidades de su modelización a través de métodos cuantitativos y su representación a través de la geometría. Un anclaje espacial necesario, porque el espacio es considerado el principal concepto organizativo de la metodología geográfica.

Resulta notable que este libro haya sido escrito como un proyecto de aprendizaje de la Geografía Cuantitativa, ya que el autor nos dice que “Escribí este libro, sobre todo,

71 Burgess, EW (1925), “The growth of the city: An introduction to a research project”; in: Park, R, E Burgess & R McKenzie (Eds) *The City*. Chicago, The Chicago University Press, p 47-62.

72 Harvey, D (1969), obra citada.

73 Harvey, D (1983). *Teoría, leyes y modelos en Geografía*. Madrid, Alianza (Traducción castellana de *Explanation in Geography*), p 19.

para educarme. Intenté publicarlo porque pienso que hay muchos geógrafos, de todas las edades, que se encuentran en el mismo grado de ignorancia en el que yo mismo me hallaba antes de escribir"⁷⁴. Pero más llamativo aún es que el objetivo haya sido manifestado como un posicionamiento personal en la disciplina para poder ingresar en la última discusión, aunque sea a último momento, ya que "Para no quedarme atrás seguí la moda naturalmente"⁷⁵. La Geografía Cuantitativa era el paradigma dominante y el autor lo califica como *de moda*, al mismo tiempo que considera natural plegarse a ella como normal proceder académico.

Esta afirmación resultó motivadora para una discusión ¿debía ser algo natural seguir la moda en ciencia?, en este sentido el epistemólogo Mario Bunge indicaba que no seguir la moda "no implica quedarse atrás, sino tan sólo no participar de ciertas carreras. El investigador maduro tiene un programa de trabajo de largo alcance. No se deja distraer por la moda ..."⁷⁶. Aparece así una respuesta contundente procedimientos oportunistas.

A David Harvey no solo le parece natural seguir la moda, sino que va más allá, porque antes de ingresar en la cuantificación nos relata que hizo geografía tradicional, producto de su formación de base en Cambridge, y que tenía que cambiar su marco teórico, al decir que "si no era capaz de ajustar mi filosofía el proceso de cuantificación me llevaría a un proceso sin salida"⁷⁷. La necesidad de justar una forma de pensar para estar a la moda aparece de manera frecuente en las ciencias sociales cuando la verdad como persuasión toma una posición predominante sobre la verdad como adecuación entre los enunciados y las observaciones empíricas⁷⁸.

Es tradicional que al estudiar la historia de la Geografía surja la duda de como un geógrafo cuantitativo pasa a ser geógrafo crítico marxista con tanta rapidez y después de haber escrito a favor de la cuantificación con tanta contundencia. La respuesta es que a pesar de haber escrito un manual de referencia, Harvey nunca fue geógrafo cuantitativo. A las citas anteriores se agrega el contenido del libro, en el que se presentan resultados cartográficos y materiales gráficos de otros autores, y que en las citas bibliográficas no existe mención a un trabajo cuantitativo de autoría propia realizado durante la totalidad del período de ciencia normal. Este señalamiento no tiene valoración negativa, simplemente representa una realidad objetiva.

Consideramos incorporar el tema de la moda con un ejemplo clásico que genera confusiones en los análisis básicos del período. Resulta interesante y llamativo que este libro considerado clásico haya sido escrito por un geógrafo que intentaba estudiar el paradigma cuantitativo y que pasó por el como una moda que lo llevaría a un buen

74 Harvey, D (1983), obra citada, p 17.

75 Harvey, D (1983), obra citada, p 17.

76 Bunge, M (1972). *Teoría y realidad*. Barcelona, Ariel, p 299.

77 Harvey, D (1983), obra citada, p 18.

78 Buzai, GD (2022), "Sistemas de Información Geográfica y modelización"; en: Buzai, GD & E Montes Galbán (Comp). *Pensando los Sistemas de Información Geográfica desde Iberoamérica*. Bs As, Instituto de Investigaciones Geográficas.

posicionamiento personal en la discusión disciplinar. Una estrategia de investigación siempre orientándose hacia los paradigmas dominantes.

En síntesis, el adoptar una perspectiva científica por moda es posible pero nos dice mucho más del investigador que de la ciencia. Esta situación también se verifica, en algunos casos, ante el uso de los actuales SIG ya que en la década de 1990 frecuentemente se los consideraban *de moda*. Se ve aquí una nueva dicotomía de la Geografía, el uso superficial de los SIG como herramienta de moda o su uso profundo y crítico a través de considerarlos como herramientas teórica-metodológicas de la Geografía Cuantitativa.

Espacialidad, Peter Gould, 1985

El libro *The Geographer at Work*⁷⁹ puede considerarse un final de recorrido y un importante balance sobre los alcances de la Geografía Cuantitativa y del papel del geógrafo ante los problemas socioespaciales mundiales. Incluye una notable sistematización de los caminos que pueden transitarse cuando se ingresa al campo de la investigación geográfica y, junto a ellos, contempla las posibilidades existentes en la construcción de conocimientos de utilidad para la resolución de problemas geográficos⁸⁰. En esta línea de reflexión, sus consideraciones también se encuentran publicadas en *Pensamientos sobre la Geografía*⁸¹.

En la obra de Peter Gould (1932-2000) destacan las siguientes ideas y reflexiones: la valorización y defensa de la perspectiva espacial, el interés por el dominio espacio-temporal, la posibilidad que ofrece la Geografía para realizar estudios globales, los nuevos medios de análisis que ofrecen las computadoras personales y por último, la preocupación por la educación geográfica.

En general, los desarrollos teóricos novedosos tienen inicial resistencia por parte de la comunidad científica poco proclive al cambio. Muchos aspectos emergentes se insertan en discusiones de moda y poco se consolidan con verdadero impacto estructural en la disciplina. A esta segunda línea pertenece la revolución cuantitativa en Geografía⁸² que a través del uso de las matemáticas fue delineándose como un “campo apasionante e intelectualmente vital”⁸³.

Según Gould, uno de los cambios más notorios durante la revolución cuantitativa fue la popularización del uso de la palabra “espacial” como adjetivo, ya sea por un mero cambio terminológico, por pura presunción o porque realmente tenía una connotación más profunda, se habla desde entonces de: interacción espacial, organización espacial, estadística, comportamiento, modelos, planificación, aplicaciones, patrones, difusión ... y estructura espacial. El autor destaca en este punto

79 Gould, P (1985). *The Geographer at Work*. London, Routledge.

80 Buzai, GD (2008), “Consideraciones sobre el rol científico de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) a dos décadas de “Pensamientos sobre la Geografía” de Peter Gould; in: *Huellas*, vol 12, p 265-81.

81 Gould, P (1987), “Pensamientos sobre la Geografía”; in: *GeoCritica*, vol 68, p 1-34.

82 Burton, I (1963), obra citada.

83 Gould, P (1987), obra citada, p 4.

que esto llevo al redescubrimiento de los trabajos clásicos de Johann Heinrich von Thünen (1783-1850), Walter Christaller (1893-1969) y August Lösch (1906-1945), ya que estos autores habían destacado muy tempranamente aspectos como las regularidades, patrones, relaciones y estructuras dentro del espacio geográfico. Por otro lado, esto condujo al interés explícito por las propiedades geométricas y a las analogías teóricas entre el mundo físico y el humano⁸⁴, dando paso a variadas posibilidades de aplicaciones, principalmente de modelizaciones locales centradas en la búsqueda de optimizaciones⁸⁵.

Considera un creciente interés por los estudios geográficos que intentan describir y explicar el cambio en el contexto de un dominio espacio-temporal inserto en el centro de la perspectiva geográfica. En esta línea se incluye el estudio de la difusión espacial que expresa una dinámica vinculada a las innovaciones tecnológicas que reducen las distancias en un espacio relativo y crean un acceso diferencial a los recursos localizados de manera diferencial⁸⁶.

Asimismo destaca la visión planetaria que provee la Geografía, a través de estudios realizados en una perspectiva global (macro-escala) que implican la toma de conciencia en cuanto a la "interconexión, la realimentación, la estabilidad, el equilibrio dinámico, la conciencia de la preocupación por la presencia humana y la conciencia concomitante de la responsabilidad ética para con el futuro, todos estos aspectos son la base del cambio de pensamiento hacia la escala global"⁸⁷. Esto conduce a pensar en el abordaje de la realidad como totalidad y de allí como sistema, llevando a la visualización del planeta Tierra como un todo, y tomar conciencia de las múltiples interrelaciones existentes a partir de allí, permitiendo avanzar en el estudio de la realidad socio-espacial como un sistema complejo⁸⁸ en base la sistematización teórica que incluye su aptitud como visión del mundo y como herramienta epistemológica⁸⁹ y que puede quedar plasmada considerando que pensar en la escala global permite agudizar la conciencia de las múltiples conexiones en el planeta⁹⁰.

Los temas presentados tienen clara vigencia y un hilo conductor en los actuales SIG, tecnología en la que confluyen aspectos conceptuales y metodológicos de la Geografía así como los grandes avances en materia de *Software* y *Hardware* para el tratamiento cada vez más eficiente de la Información Geográfica. La Geoinformática teniendo a los SIG como núcleo fundamental posibilita la revalorización de la perspectiva espacial de la Geografía Cuantitativa; permite explorar y aplicar nuevos enfoques matemáticos y de estadística espacial para el estudio de la realidad; facilita el análisis de relaciones complejas a través de la integración de variables tanto físicas como humanas, reali-

84 Bunge, W (1962), obra citada

85 Gould, P (1987), obra citada, p 6

86 Gould, P (1987), obra citada, p 8

87 Gould, P (1987), obra citada, p 14.

88 Buzai, GD (2008), obra citada.

89 García, R (2006). *Sistemas complejos*. Barcelona, Gedisa.

90 Gould, P (1987), obra citada, p 14.

zando estudios de cobertura planetaria (modelos globales) y presenta una gran oportunidad para la aplicación de métodos de simulación orientados a analizar aspectos dinámicos del espacio geográfico⁹¹.

Todo lo anterior muestra que la revolución informática es la base de toda evolución y revolución actual, aunque advierte que debe ser bien utilizada, ya que puede resultar un arma de doble filo para el investigador, generando un importante cerramiento a la creatividad ante el peligro de automatizar las formas de pensar y actuar en el abordaje de problemas.

Un tema de gran importancia y que cierra las publicaciones analizadas es lo relativo a la enseñanza de la Geografía y su vínculo con la investigación geográfica. Subraya que si bien las rutas a seguir en ambos aspectos (investigación y educación) no están totalmente claras, ni todos los interrogantes sobre el tema son fáciles de responder, los geógrafos tienen un gran compromiso en la cuestión de la enseñanza, ya esa sería la responsabilidad última como geógrafos, enseñar y ayudar a otros a ver y comprender la geografía del mundo en toda la riqueza. Acerca del debate entre la educación tradicional que privilegia la descripción y la memorización y las renovaciones de los programas de estudio que apuntan a una educación que promueva la reflexión, las capacidades analíticas y aplicadas. Afirma que es necesario encontrar un punto de equilibrio entre el conocimiento, los datos y la realidad empírica que permitan analizar la espacialidad humana⁹².

La Geografía en conjunto con las tecnologías digitales que tratan datos espaciales, no es incompatible con los objetivos educativos y, en el caso particular de los SIG, se presentan como una herramienta que puede contribuir con la descripción sistemática coincidente con la Geografía corológica, que estudia el espacio geográfico a través de la construcción y clasificación en regiones⁹³; asimismo, también son totalmente compatibles con perspectivas actuales que realizan estudios de modelización en la búsqueda de generalizaciones científicas que permitan pasar a una fase aplicativa en el territorio. Por otro lado, los SIG utilizados de forma apropiada, con fundamentos teórico-metodológicos coherentes, tienen un alto potencial para el desarrollo de habilidades y destrezas que contribuyan a la multialfabetización requerida por los ciudadanos del siglo XXI, aportando en su formación para la vida cotidiana y para su futuro profesional⁹⁴. Los pasajes fundamentales analizados muestran una notable vigencia de las diferentes posibilidades brindadas actualmente por los SIG, aspecto que, sin dudas, se encuentra relacionado a una importante amplitud de criterios y a la búsqueda de la eliminación de las barreras conceptuales y metodológicas de la Geografía.

91 Gould, P (1987), obra citada, p 11.

92 Gould, P (1987), obra citada, p 22.

93 Zamorano de Montiel, G (1994). *Geografía Regional. Paisajes y clasificaciones*. San Isidro, Ceyne.

94 Montes Galbán, E (2016), "Los Sistemas de Información Geográfica y la educación geográfica actual"; en: *Boletín Red GESIG*, vol 3, p 4-5.

Consideraciones finales

Los textos que preceden estas conclusiones sintetizan una línea histórica en el ámbito de la Geografía con un recorrido disciplinar que va desde la época helenística griega^{95,96} hasta la actualidad. Una línea en la que la Geografía tiene por objetivo *grafiar* la Tierra, es decir, que se presenta como la ciencia que la representa gráficamente en un mapa y no, solamente, tiene una finalidad descriptiva del mundo como fuera considerado posteriormente por las perspectivas tradicionales.

Esta representación no es un simple dibujo, sino que diseña el mapa como principal modelo de la Geografía el cual, a través de un trabajo sistemático, busca exactitud en la localización de sus elementos y permite encontrar correlaciones para la formulación de hipótesis de causalidad entre ellos. Sin dudas se lo define con una importante capacidad representacional a partir de la cual el usuario del modelo utilice su capacidad epistémica y pueda obtener conclusiones acerca de la realidad a través de inferencias⁹⁷. Este hecho hace que el mapa sea más que una simple taquigrafía y se convierta en la base del análisis espacial.

La Geografía Humana de fines del siglo XIX avanzó con una definición que llevó al interés principal de estudiar espacialmente la relación entre el hombre y el medio. Con esa definición de base transitó la totalidad del siglo XX y realizó importantes avances en el siglo XXI a partir de incorporar desarrollos tecnológicos digitales, principalmente la aplicación de SIG, en el campo del análisis espacial cuantitativo.

Estos desarrollos sintetizan conocimientos teóricos y metodológicos, desarrollados por la Geografía Cuantitativa, que comenzaron a ser incorporados en el medio computacional y, en este sentido, ante la finalidad de comprender la situación actual resulta imprescindible volver al análisis de los autores clásicos ya que en ellos nos brindan aspectos fundamentales. Hoy más que nunca resulta necesario comprender el pasado para poder explicar el presente a partir de sus aspectos subyacentes.

La evolución muestra un camino que nos lleva por el surgimiento de la Geografía Humana a finales del siglo XIX⁹⁸, la aparición de la Geografía Cuantitativa como cambio revolucionario respecto de la Geografía Regional⁹⁹, paradigma dominante entre 1953 y 1969, la Geografía Automatizada¹⁰⁰ y la Geografía Global¹⁰¹ con impacto en la ciencia a través de la *Metageografía* y en la sociedad a través de la *Neogeografía*.

95 Aujac, G (1975). *La Géographie dans le monde Antique*. Paris, Presses Universitaires de France.

96 Buzai, GD (2021) "The World Map by Anaximander (Miletus, 5th Century BC): Modeling Geographical Space at the Beginning of Science"; en: *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, vol 272, n° 3, p 5-18.

97 Lucero, S (2021), "El papel de la intencionalidad epistémica en las representaciones científicas. Compromisos realistas y antirrealistas"; en: Borge, B & N Gentile (Comp). *La ciencia y el mundo inobservable*. Bs As, Eudeba, p 425-450.

98 Ratzel, F (1891), obra citada.

99 Burton, I (1963), "The quantitative revolution and theoretical geography"; in: *The Canadian Geographer*, vol 7, p 151-62.

100 Dobson, JE (1983), obra citada.

101 Buzai, GD (1999). *Geografía Global*. Bs As, Lugar; (y) Buzai, GD (2018), obra citada.

Los conceptos analizados como fundamentos de la Geografía Cuantitativa, desde la necesidad de incorporar el método científico a una realidad generalizable, su representación modelística y sus leyes del comportamiento espacial ingresan en una *geotecnósfera*¹⁰² de alcance planetario para su uso a través de diversas prácticas sociales.

Por lo tanto, todo procedimiento geográfico realizado por Internet o a través de los dispositivos móviles tiene un origen lejano que genera sus fundamentos como núcleo estable y que solo puede salir a la luz a través del estudio de la historia del campo científico. En el presente trabajo hemos realizado un análisis bibliográfico de los aportes pioneros que nos llevan a comprender que estamos haciendo, cómo lo hacemos y por qué lo estamos haciendo en el interior de la línea geográfica de mayor impacto social actual. Eso es lo que nos muestran estos textos de referencia de la Geografía Cuantitativa, sintetizan una perspectiva espacial que, con un inicio lejano, tiene plena vigencia para comprender y aplicar conocimientos científicos a las problemáticas socioespaciales del mundo actual.

102 Buzai, GD & E Ruiz i Almar (2012) "Geotecnósfera. Tecnologías de la información geográfica en el contexto global del sistema mundo"; in: *Anekumene*, vol 4, p 88-106.