

La Geografía como ciencia espacial. Bases conceptuales de la investigación astronómica vigentes en la Geografía Cuantitativa

Gustavo D. Buzai*

Resumen

La Geografía como *ciencia espacial* encuentra sus fundamentos conceptuales en la investigación científica realizada durante la revolución científica iniciada en el siglo XV. La Astronomía provee una manera de mirar la realidad que se mantiene por siglos y, durante la década de 1960, genera las bases para que la Geografía, apoyada en las leyes de Kepler, adquiera una definición sistémica apoyada en la cuantificación.

El trabajo tiene como objetivo analizar fundamentos científicos que, a través del uso de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), muestran completa vigencia. Para ello se discute el papel de la observación, la generalización, la simplicidad y el enfoque sistémico que apoyan un *materialismo sistémico* central en la Geografía Cuantitativa actual.

Palabras clave: Geografía, Geografía Sistémica, Geografía Cuantitativa, SIG, Materialismo Sistémico

Geography as spatial science. Conceptual basis of current astronomical research in Quantitative Geography

Abstract

Geography as spatial science finds its conceptual foundations in the scientific research that developed during the fifteenth-century scientific revolution. Astronomy provides an approach to reality which is kept for centuries. During the 1960s, based in Kepler's laws, it generates the bases for Geography to outline a systemic definition supported by quantification.

This paper aims to analyze scientific conceptual basis that, through the use of Geographical Information System (GIS) technology, still show validity. Therefore, we

* Profesor, Universidad Nacional de Luján. Investigador Independiente, CONICET, email: buzai@unlu.edu.ar

discuss the role of observation, generalization, simplicity and systemic approaches that support a systemic materialism in the current Quantitative Geography.

Key words: Geography, Systemic Geography, Quantitative Geography, GIS, Systemic Materialism.

Introducción

El presente trabajo tiene como objetivo analizar algunos aspectos que llevan a obtener criterios demarcatorios que justifican a la Geografía como “ciencia espacial” y para ello se avanza en un procedimiento que recorre un camino desde lo general a lo particular: desde el universo a la tierra y desde el espacio exterior hasta el espacio geográfico.

Históricamente, la Geografía al definirse como ciencia humana se ha separado de los contenidos temáticos generales que puede brindarle la Astronomía (Capel, 1980), sin embargo, cuando se hace referencia a la Geografía como actividad científica, todavía existen vínculos inseparables que le brindan un necesario sustento.

En este texto se intentan rescatar los aspectos centrales no muy tenidos en cuenta por nuestra comunidad científica actual del impacto que la investigación científica en Astronomía aún tiene en determinadas prácticas y en ciertas formas del pensamiento geográfico, principalmente en aquellas basadas en la Geografía Cuantitativa.

En primer lugar se presta atención al cielo y a partir de analizar el procedimiento de construcción de conocimientos científicos se pueden extrapolar formas de aproximaciones a la realidad de actual vigencia, como lo es el privilegio de visiones *nomotéticas* centradas en la generalización, la clara definición basada en la construcción de leyes científicas, el papel de la observación frente a la experimentación y finalmente la necesidad de apelar a la búsqueda de simplicidad.

Mediante estos cuatro aspectos centrales que permiten ver a la ciencia y al método científico como un procedimiento de gran simplicidad, se abre un camino claro para el avance hacia la definición de una Geografía como ciencia espacial. Y ese camino experimentó su transición inicial cuando Claudio Ptolomeo en el siglo II comenzó a trazar el mapa del mundo luego de haber finalizado su obra astronómica *Almagesto* en el año 150; según Sobel (2006a) tuvo que dominar primero el mapa del cielo para luego trazar el de la Tierra con sus 8 mil localidades perfectamente ubicadas en el espacio absoluto del mundo conocido por la cultura grecorromana. La Astronomía en la resolución de problemas prácticos terrestres se puede encontrar en estructuras neolíticas (Hoyle, 1976) (Fig. 1), precolombinas (Flash y Agurcia, 1996) estudiadas actualmente por la Arqueoastronomía (Fig. 2) y europeas hasta la etapa de la revolución científica (Boido, 1996) (Fig. 3).

Ya en la Tierra y en la actualidad, el enfoque sistémico constituye la perspectiva teórica capaz de vincular la multiplicidad de escalas, ya sea desde un punto de vista de los sistemas generales o de los sistemas complejos, sobresaliendo en ambos casos la base materialista empírica del planeta en sus componentes físico-naturales y humanos. Es allí donde puede encontrarse la objetividad necesaria para la demarcación de la Geografía como ciencia espacial, una geografía que privilegia los métodos cuantitativos y actualmente el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).



Figura 1. Observatorio astronómico en el neolítico. Stonehenge (Wiltshire, Inglaterra) fue utilizado como observatorio astronómico, el movimiento de la sombra del Sol a lo largo del año permitía predecir las estaciones.

Fuente: fotografía de Gustavo Buzai.

La Teoría de los Sistemas Complejos (TSC) (García, 2006) brinda excelentes posibilidades para comprender la realidad y también para avanzar en el estudio de las teorías y metodologías que permiten su abordaje. Cuenta con grandes posibilidades para avanzar en el trabajo empírico desde la ciencia con gran simplicidad (complejo no es tomado como sinónimo de complicado) y en la construcción conceptual a través de su aplicabilidad epistemológica.

De esta manera, el pensamiento geográfico puede ser comprendido en el marco de la TSC con la finalidad última de comprender la realidad, una tarea muy noble y solo a partir de ella podrán obtenerse diferentes soluciones. De eso se trata, de hacer delimitar a la Geografía como ciencia espacial, como una ciencia aplicada, a través de una postura *materialista sistémica*, de importante valorización contextual, científica y social.

Desde el cielo: enseñanzas de la Astronomía. La realidad se comprende por generalizaciones

El cielo nos muestra uno de los espectáculos más hermosos y maravillosos que podemos presenciar. Las inquietudes científicas que surgen mirando el cielo vuelven la mirada hacia la Tierra y la ven como un planeta más del Sistema Solar.

El Sol es nuestra estrella más cercana, alrededor de la cual se afirmaba que giraban nueve planetas: Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón. Era fácil memorizar estos pocos nombres y, de esta manera, era posible sentir que el conocimiento llegaba muy lejos, ya que Plutón se encuentra aproximadamente a 5.750 millones de kilómetros de nosotros. Podía experimentarse esa sensación cuando hace cuatro décadas eran leídos libros introductorios de Astronomía como *El Sistema Solar* (Vidal, 1973) publicación de gran divulgación en nuestro país y que actualmente merecería una importante actualización.



Figura 2. Arqueoastronomía y observatorio astronómico en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH). Estela maya del gobernante 18° Conejo de Copán en el Observatorio Astronómico de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH). Predicción de eventos naturales terrestres a través de la evolución de las sombras a lo largo del año (marcado en el terreno). Suyapa, Tegucigalpa, Honduras. Fuente: fotografía de Gustavo Buzai.



Figura 3. Astrónomo realizando mediciones en el globo terráqueo *Der Astronomus* (1568), Jost Amman (1539-1591), *Eygentliche Beschreibung aller Stände auff Erden*, Frankfurt am Mayn, Deutschland. (Detalle), Goldenes Dachl, Innsbruck, Austria. Fuente: fotografía de Gustavo Buzai.

El tiempo transcurrido, que para la historia del universo casi no existe y para la historia de la humanidad es ínfimo, para la evolución del conocimiento puede representar mucho, a tal punto que actualmente se debe asimilar el hecho de no estar en el mismo sistema solar y tampoco en la misma galaxia que nos habían presentado aquellas publicaciones. Hace cuatro décadas el sistema solar se conocía con 9 planetas y hoy tiene 13 (agregándole Ceres, Haumea, Makemake y Eris), Júpiter tenía 12 satélites y hoy tiene 63, había solo 8 planetas vecinos y hoy se conocen casi 2.000 planetas extrasolares. La Vía Láctea, nuestra galaxia, estaba formada principalmente por estrellas dispuestas en una estructura espiral y ahora se sabe que su mayor componente son planetas y que su forma es una espiral barrada.

Hoy se conocen cosas nuevas y muchas de las conocidas actualmente son diferentes de aquellas, sin embargo, gran cantidad de leyes que explican el funcionamiento del universo siguen vigentes, como las leyes de Kepler sobre el movimiento orbital de los cuerpos celestes, la ley de Titus-Bode sobre las distancias planetarias o la ley de la gravitación universal de Newton, luego ampliada por las leyes incluidas en la teoría de la relatividad de Einstein. Sobre la base de la exactitud de las leyes científicas se pueden realizar certeras predicciones respecto del movimiento de

los cuerpos celeste en el espacio exterior. El 27 de septiembre de 2015 se anunció un eclipse total lunar que podría ser visto en Buenos Aires y efectivamente se produjo (Fig. 4) siendo que el próximo de similares características se pronostica para 2018 (Wikipedia, 2015).

Sagan (1995) nos dice que sin generalizar sería imposible conocer la realidad. También señala que el descubrimiento de las leyes del funcionamiento del mundo es producto del método científico, un método de gran simplicidad que se encuentra compuesto por tres instancias principales (Russell, 1985): la observación de los hechos significativos, la generalización de las observaciones para la formulación de leyes y modelos y, finalmente, la comprobación que puede ser realizada hacia nuevos casos que nos propone la realidad.



Figura 4. El universo como sistema: eclipse lunar 2015. Predicción a través de leyes científicas. Eclipse lunar del 27 de setiembre de 2015. La Tierra muestra su curvatura proyectando parcialmente su sombra sobre la Luna.

Fuente: fotografía de Gustavo Buzai, Buenos Aires, Argentina.

Una definición basada en el descubrimiento de leyes científicas

Considerando la validez del sistema heliocéntrico, Johannes Kepler (1571-1630), a través de los datos precisos de las posiciones planetarias obtenidos por Ticho Brahe (1546-1601), pudo verificar que existían corrimientos que no coincidían con las

órbitas circulares pensadas y utilizadas para los cálculos hasta ese momento. De esta manera, las mediciones solamente podían encajar en órbitas elípticas y con esta base formuló las tres leyes principales del movimiento planetario:

1. Los planetas se mueven alrededor del Sol en órbitas elípticas, el cual se encuentra ubicado en uno de sus focos.
2. El vector que une cada planeta con el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales.
3. El valor del período orbital al cuadrado es proporcional al valor del semieje mayor de la elipse orbital al cubo.

En general, Kepler formuló las leyes que rigen los movimientos orbitales de los cuerpos celestes. De aquí surge tercera definición de Geografía utilizada por la Geografía Cuantitativa sustentada en la teoría sistémica, al considerar que la Geografía es la ciencia que intenta descubrir las leyes que rigen las pautas de distribución en el espacio geográfico.

La figura 5 ejemplifica una ley importante del comportamiento espacial denominada *Ley de Tobler* (Tobler, 1970): “Todas las cosas están relacionadas entre sí, pero las más próximas espacialmente tienen una relación mayor que con las distantes”. Este principio se puede medir a través de la autocorrelación espacial, aunque previamente la Geografía Cuantitativa ya había analizado en detalle a través de la modelización del *distance decay*.

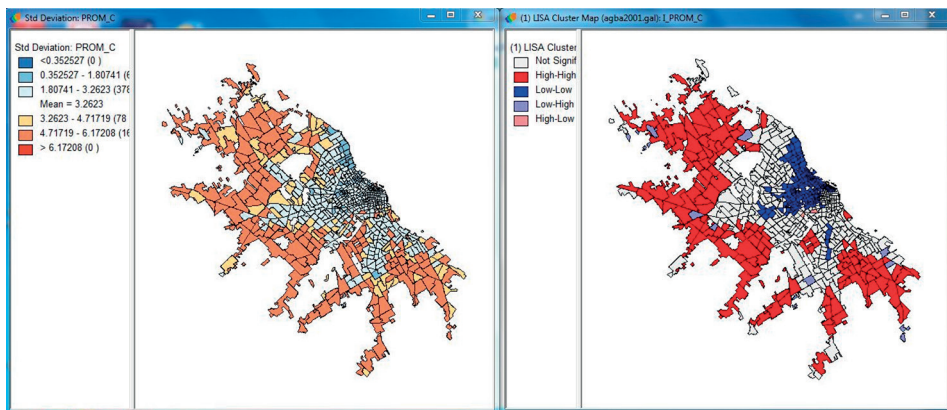


Figura 5. Aglomeración Gran Buenos Aires (AGBA). Autocorrelación espacial. Mapa social de la AGBA. A la izquierda puntajes estándar de clasificación espacial combinada de variables de beneficio y costo. A la derecha el cálculo del indicador local de autocorrelación espacial (LISA). Unidades espaciales (fracciones censales) con condiciones buenas asociadas a vecinas con condiciones buenas en el centro y unidades espaciales con condiciones malas asociadas a vecinas con condiciones malas en la periferia. Fuente: cartografía de Gustavo Buzai sobre la base de datos geográfica utilizada en Buzai y Marcos (2012).

La observación unifica las ciencias

La Geografía como ciencia espacial tiene como marco general la filosofía positivista, la cual tiene entre sus postulados el criterio demarcatorio producido por el monismo metodológico, esto es, que toda la ciencia debe utilizar la misma metodología, ya que existe una forma específica de aproximación para la construcción de conocimientos. Esta situación corresponde a considerar la existencia de un método científico racional estandarizado para todos los campos del conocimiento. Bajo esta consideración, muchas veces se afirma que la experimentación como método central de las ciencias naturales es imposible llevarlo a cabo en las ciencias sociales. Sería imposible poner aspectos sociales en un laboratorio o en un tubo de ensayo...

Sin embargo, una de las ciencias naturales de mayor prestigio es la Astronomía, una ciencia que construyó sus bases a través de la observación sistemática y las mediciones, no del experimento. De esta manera se considera que las ciencias fácticas son empíricas, porque parten de los hechos de la realidad a través de la observación de temas y problemas y, cuando se hace ciencia aplicada, se debe volver a la realidad para mejorar su condición.

Al igual que la Astronomía, la Geografía como ciencia espacial basada en la cuantificación observa la realidad empírica del espacio geográfico, realiza mediciones de esa realidad, analiza sus distribuciones espaciales, las generaliza a través de modelos y la formulación de leyes. Por lo tanto se construye una nueva definición para la Geografía que complementa a las tradicionales de orientación ecológica y corológica.

La simplicidad permite aproximarnos a la verdad

Si la bóveda celeste estuviera únicamente poblada por estrellas fijas sería difícil desde la Tierra tener percepciones y luego conceptualizaciones que puedan contradecir el sistema geocéntrico formulado por Claudio Ptolomeo (100-170), sin embargo, al mirar el cielo se pueden descubrir los planetas, como cuerpos celestes que tienen movimientos diferentes y, este hecho, según Kuhn (1981) fue el motivo central de la revolución copernicana.

Si bien todos los planetas se mueven junto a las estrellas en su movimiento diario hacia el oeste, se puede descubrir un desplazamiento lento y continuo hacia el este, que a lo largo del tiempo los llevará a la posición inicial (aproximadamente Mercurio y Venus en un año, Marte en dos años, Júpiter en doce años y Saturno en veintinueve años). Este recorrido lo hacen dentro de una franja de 8° al norte y sur del Ecuador dentro del plano de la eclíptica atravesando las constelaciones del zodiaco.

Sin embargo, si bien todos los planetas se trasladan hacia el este, en ciertos momentos, interrumpen ese movimiento para dirigirse hacia el oeste y luego nuevamente

volver a su recorrido original. El denominado *movimiento retrógrado* intentó ser explicado mediante diferentes estrategias.

Considerando el sistema geocéntrico, Eudoxo de Cnido (aprox. 408 a.C. -355 a.C.) lo explicó mediante un complicado sistema de engranajes que generaban un movimiento combinado entre esferas y Claudio Ptolomeo (aprox. 100-170) a partir de introducir epiciclos. Considerando el sistema heliocéntrico, Nicolás Copérnico (1473-1543) lo explicó simplemente como movimientos aparentes que se producen en el fondo estrellado fijo y a partir de las diferentes velocidades de los planetas en sus propias órbitas. La simplicidad brindada por el nuevo sistema había encontrado la verdad.

Y en este intento de encontrar las mejores soluciones a través de la simplicidad, la Astronomía no pudo mejorar los resultados obtenidos por los cronómetros precisos realizados por John Harrison (1693-1776) que permitieron obtener la solución al cálculo de la longitud exacta en altamar (Sobel, 2006b), aunque el meridiano de 0° se establece en Greenwich (Fig. 6) porque los marinos de las principales potencias europeas utilizaban las efemérides astronómicas calculadas anualmente por Nevil Maskelyne (1732-1811), quinto astrónomo real, que se encontraban referenciadas al Real Observatorio, localizado en Greenwich, barrio al este de Londres (51° 28' 38'' N - 0° 0' 0'').

Síntesis. Lecciones que la Astronomía brinda a la Geografía como ciencia espacial

De los cuatro puntos anteriores se puede realizar la siguiente síntesis:

1. La ciencia generaliza, se construyen modelos y se descubren las leyes del funcionamiento de lo real.
2. La ciencia es empírica porque parte de la realidad concreta a través de la observación de los hechos que permiten definir las temáticas a estudiar.
3. La simplicidad produce la mejor explicación. Cuanto más simple se puede explicarse algo más cercano se estará a la verdad.
4. Se producen definiciones basadas en la construcción de leyes científicas, sustentadas en las leyes de Kepler; la Geografía Cuantitativa propone un avance en los alcances de la Geografía que hoy se operativiza a través de aplicaciones informáticas.

En la Tierra: aproximaciones desde la Geografía

El enfoque sistémico unifica la visión espacial

Los cambios de escalas, desde la globalidad del planeta Tierra hasta el sitio, nos brindan la posibilidad de estudiar la realidad como totalidad y de allí como sistema. Es una cuestión central cuando se avanza en la búsqueda de soluciones socioespaciales concretas en el abordaje de la realidad. En esta línea conceptual



Figura 6. Trazado de la línea del Meridiano de origen. Línea del *Prime Meridian*, a ambos lados se hace referencia a las longitudes de diferentes ciudades capitales de países. Del lado izquierdo (Oeste) y de abajo hacia arriba aparecen Montevideo, Buenos Aires, Asunción, Río de Janeiro, Tahití, Brasília, La Paz, St. Helena, Lima, Quito y Bogotá. Fuente: fotografía de Gustavo Buzai, Royal Observatory, Greenwich, Inglaterra.

se desarrolló la *Teoría General de los Sistemas* (TGS) (Bertalanffy, 1968) cuyo objetivo es encontrar aquellos aspectos generalizables que pueden ser aplicados a diferentes sistemas en distintas temáticas y escalas. Un avance posterior encuentra en la *Teoría de los Sistemas Complejos* (TSC) (García, 2006) una perspectiva que avanza en el intento de buscar aquellos aspectos conceptuales específicos para cada nivel dentro del sistema.

La TSC tiene una excelente capacidad para el análisis de la realidad en dos aspectos. Permite abordar la estructura de la realidad (García, 2006) como base empírica de la Geografía y brinda claridad respecto del proceso de construcción de conocimientos (García, 2000) en su capacidad epistemológica.

Es de destacarse que, en la TSC, complejidad no significa dificultad, aunque el texto de Baxendale (2012) nos muestra que no todas las posturas de la complejidad buscan alejarse de la complicación. Simplemente, el planteo se encuentra relacionado con la posibilidad de llegar a la totalidad a partir de estudiar una temática desde diferentes perspectivas. En este sentido no es incompatible hacer referencia a la complejidad y considerar el llamado *principio de simplicidad* de Isaac Newton, el cual consideramos siempre vigente: *Truth is ever to be found in simplicity, and not in the multiplicity and confusion of things* (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Second Edition, 1713).

El planeta Tierra (sistema Tierra) junto a los procesos de globalización (sistema Mundo) representa la base empírica de mayor extensión que puede estudiarse desde la Geografía como ciencia empírica a través del análisis espacial que genera diagnósticos para luego actuar de manera aplicada.

En este marco, la razón humana se presenta como la principal fuente para la producción del conocimiento científico en un proceso de minimización de arbitrariedades al descubrir individualidades y realizar generalizaciones no contradictorias. Esto resulta posible porque la realidad existe de manera independiente del observador y la racionalidad se presenta como la forma principal de acceder a ella (Rand, 2011). A través de la postura constructivista, los sistemas complejos no están definidos, sino que deben definirse. Esta formulación se realiza a través de los *datos* como estímulos que proporciona la realidad, los *observables* como datos interpretados por el observador y los *hechos* con origen en la relación entre observables.

Resulta central destacar que a través de esta perspectiva se aborda la realidad como una estructura perteneciente a una totalidad estratificada, es decir, una realidad formada por niveles de organización semiautónomos, en los que existen dinámicas específicas en cada uno de ellos. Este aspecto, desde un punto de vista epistemológico, permite contar con un marco conceptual general que da cuenta acerca de la estabilidad de determinadas teorías en niveles específicos y la imposibilidad de invalidar unas con otras al estar focalizadas en diferentes planos de la realidad.

Consideramos que esto se modelaría como una perspectiva en tercera dimensión en la estructura conceptual de los *Programas de investigación* analizados por Lakatos (1983), ya que podría existir un núcleo conceptual firme en cada nivel de análisis. En este sentido, la Geografía Cuantitativa se aboca a un nivel focal espacial y en este sentido los conceptos principales (Buzai, 2010) son los de localización, distribución espacial, asociación espacial, interacción espacial y evolución espacial.

El pensamiento geográfico como sistema complejo

Considerando la TSC se puede entender que cada paradigma de la Geografía pone su foco de atención en un nivel focal diferente dentro de la estructura de una realidad estratificada en diferentes niveles de procesos y análisis. Esta situación podría explicar el motivo por el cual en Geografía nunca un paradigma desplazó completamente al anterior.

En Buzai (2014) se verifica que el nivel focal espacial estaría ocupado por las actuales perspectivas de la Geografía Cuantitativa y la Geografía del Paisaje, ambas con vocación práctica en el Ordenamiento Territorial. Podemos reconocer un nivel supra-focal ocupado por la Geografía Radical Crítica de sustento marxista apoyada en una perspectiva económica global y un nivel infra-focal ocupado por la Geografía Humanista orientada al estudio de la percepción individual y el análisis de la espacialidad cotidiana. Conceptos como los de *percepción*, *imagen mental* o *actitudes* si bien pueden ser de utilidad para estudiar realidades geográficas no son conceptos centrales, en este caso provienen de la Psicología.

Una perspectiva que actualmente hace confluír ambos niveles extremos es la Geografía Posmoderna (Soja, 1989; Harvey, 1990) que aborda lo individual y fragmentado apoyándose en conceptos provenientes de los estudios culturales que intentan superar el *pecado del economicismo* (Harvey, 2007) de la perspectiva global, aunque la cultura global del capitalismo mundial se impone en la totalidad de las estructuras de la realidad.

En el nivel focal de la Geografía Cuantitativa y la Geografía Automatizada, el núcleo de conceptos estables parte de la definición de Geografía realizada por Albert Demangeon (1872-1940) (Vilá Valenti, 1983) y desde los Sistemas de Información Geográfica puede verse en los trabajos de Nyerges (1991) y Nyerges y Golledge (1997) brindando la base fundamental de gran parte de las aplicaciones (Buzai, 2010; Buzai y Baxendale, 2011).

Los conceptos centrales de la Geografía como ciencia espacial son los de *localización*, como la ubicación espacial de entidades geográficas en el espacio absoluto, relativo y relacional, *distribución espacial*, como la forma en que se reparten estas entidades sobre la superficie terrestre, *asociación espacial*, cuando las diferentes entidades localizadas y distribuidas se vinculan mediante relaciones de tipo ver-

tical, *interacción espacial* ante movimientos horizontales en un espacio relativo y *evolución espacial*, ante la incorporación de la dinámica temporal, que permite ver de qué manera cambian las configuraciones espaciales con el tiempo. Finalmente, la síntesis geográfica estaría dada por la combinación de las construcciones operativas surgidas de estos conceptos.

Conceptos utilizados en un nivel supra-focal como el de *Formación económico-social, modo de producción o plusvalía* provienen de la Economía, mientras que los utilizados en un nivel infra-focal como *percepción, imagen mental* o *aptitudes* provienen de la Psicología. Por supuesto ambos abordajes resultan de interés geográfico en diferentes niveles de análisis o en abordajes multiparadigmáticos e interdisciplinarios, ya que no son conceptos de focalización espacial.

La Geografía aplicada basada en el uso de SIG estaría apoyada siempre por alguna combinación específica de los conceptos de focalización espacial, los que ocupan el núcleo de la Geografía como ciencia espacial. Desde allí se podrá transitar en cambios de niveles y realizar la búsqueda de confluencia paradigmática. El intento de realizar estudios completos implicaría actuar en la focalización espacial y llegar a una síntesis para avanzar, a partir de ella, en diferentes niveles de focalización donde los paradigmas en conjunto brindarían el abordaje geográfico más completo de la realidad geográfica bajo estudio, ya que queda claro, que ningún paradigma por separado brinda respuestas completas de la realidad. Por lo tanto, el mundo que vemos estando parados siempre en su borde superior (Fig. 7) es nuestra materialidad empírica de mayor extensión, es allí donde confluyen la totalidad de elementos de la Geografía como un todo y de la Geografía como ciencia espacial al prestar principal atención al impacto espacial de las actividades humanas en el planeta.

Perspectiva empírica en el materialismo sistémico

El hábitat humano genera el sistema Mundo y el planeta brinda el espacio absoluto del sistema Tierra, el cual no es un conocimiento *a priori*, sino que fue construido a través de la experiencia concreta (García, 2000). Ambos en conjunto representan la materialidad empírica de mayor extensión para los estudios geográficos y proveen el dominio material de la Geografía como ciencia. Considerar ambos componentes en vinculación permite considerar la perspectiva sistémica en Geografía mediante cambios de escala desde la superficie del planeta completa con sus 510 millones de kilómetros cuadrados hasta el sitio, aunque como fue visto en Buzai y Cacace (2012) en el universo esto es solo una parte de escalas más amplias.

La TSC permite contar con un marco conceptual que puede abarcar el sistema total teniendo un claro criterio demarcatorio en el abordaje de las diferentes escalas de análisis y procesos. Considerar la actividad científica y con ello a la Geografía como ciencia empírica, significa prestar atención a la materialidad de su objeto de estudio.



Figura 7. Globo terráqueo paralelo. Representación del mundo en la posición real desde Buenos Aires en la parte superior (una miniatura del Obelisco ejemplifica la ubicación). Se aprecia en primer plano el Polo Sur y el extremo sur de África y Australia. Globo terráqueo paralelo en el Planetario “Galileo Galilei” de la Ciudad de Buenos Aires. Fuente: fotografía de Gustavo Buzai, Buenos Aires, Argentina.

En este contexto, la razón aparece como la principal fuente del conocimiento científico al minimizar la arbitrariedad en el momento de realizar generalizaciones no contradictorias y avanzar hacia la construcción de conocimientos científicos. Esto resulta posible porque existe una materialidad independiente del observador que brinda objetividad (Rand, 2011) y es por eso que es posible verificar claramente que el análisis de la realidad puede orientarse, utilizando conceptos de Soros (2010), hacia una función cognitiva dejando de lado una función de manipulación, esta última vinculada a la actividad política.

Los sistemas son definibles ya que deben surgir a partir de un recorte realizado en la totalidad. La construcción sistémica en cualquier escala y extensión se realiza a través de los *datos* como estímulos generados por la realidad, los *observables* como datos interpretados por el observador, y los *hechos* formados por la relación entre observables.

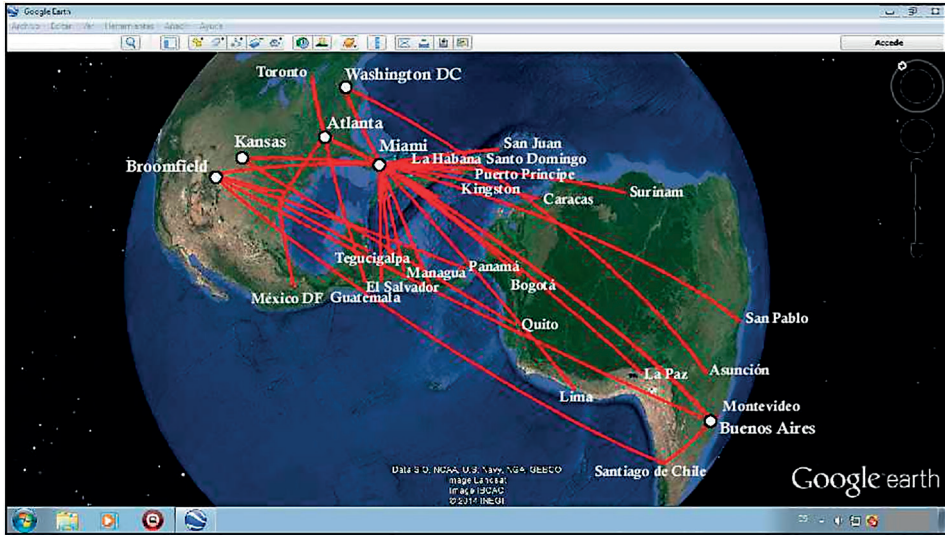


Figura 8. Sistema de flujos latinoamericanos de Internet. Representación de los vínculos espaciales entre Buenos Aires y las principales ciudades capitales de América Latina a través de Internet. Se verifican nodos concentradores de lujos en localizaciones de los países centrales, como Atlanta, Broomfield, Kansas, Miami (nodo de mayor concentración), Toronto y Washington. Cada conexión realizada en la región pasó inicialmente por uno de esos puntos. Fuente: cartografía de Gustavo Buzai sobre la base de Buzai (2010).

Cuando se estudian sistemas complejos es posible utilizar teorías diferentes y específicas para cada escala. Entre lo infinitamente grande y lo infinitamente pequeño se encuentra la escala humana (Rosnay, 1977) y en esta escala la Geografía aporta mediante su focalización espacial. La Geografía Aplicada se basa actualmente en el análisis espacial cuantitativo con SIG y su focalización es empírica. Para lograrlo su hilo conductor parte de considerar que la realidad existe (*realismo*), que puede ser estudiada a partir de sus elementos materiales (*materialismo*), que estos elementos se relacionan ampliamente en la conformación de sistemas (*sistemismo*) y que la forma más eficiente de acceder a ello es a través de la ciencia (*cientificismo*) (Bunge, 2012; 2014). De esta manera, el método de abordaje de la realidad corresponde a un *materialismo sistémico* de definición disciplinaria y alcance interdisciplinario.

Consideraciones finales

A lo largo de los puntos precedentes fue trazado un panorama que lleva a la definición de la Geografía como ciencia espacial buscando sus raíces conceptuales en la Astronomía en tanto ciencia inicialmente ligada al aspecto general de la disciplina. El

libro de Delgado Mahecha (2003) menciona esta relación en los modelos gravitatorios de la física social, pero difícilmente estos aspectos aparezcan en la bibliografía al corresponder a un momento histórico que actualmente se considera preparadigmático.

El análisis realizado permite mostrar un hilo conductor formado por las siguientes temáticas:

- *Generalización.* Existe gran interés por el espacio geográfico a través de la delimitación de la superficie terrestre y principalmente por sus aspectos generalizables. La realidad es el punto de partida y el lugar de regreso cuando la metodología de investigación combina el camino inductivo con el deductivo. La generalización permite la construcción de modelos y la formulación de leyes científicas para explicar la realidad socioespacial.
- *Definición sistémica.* La perspectiva sistémica permite obtener una tercera definición que se suma a las tradicionales de carácter ecológico (estudio de la relación hombre-medio) y corológico (estudio de la diferenciación areal), al ser una ciencia con foco en las leyes que rigen las pautas de distribución espacial. De esta manera amplía sus posibilidades y de ser una ciencia interesada principalmente por el presente comienza a incorporar una visión prospectiva de futuro.
- *Observación.* La Geografía como ciencia espacial, al igual que la Astronomía, se basa en la observación y en mediciones. Aborda sus entidades en estudio como casos y a partir de muchas mediciones llega a las generalizaciones que luego pone a prueba explicando situaciones particulares. La consideración del monismo metodológico no estaría dada por la experimentación, sino porque todas las ciencias son principalmente observacionales, esto significa que parten de una base empírica.
- *Simplicidad.* Existe la búsqueda de soluciones simples. Se considera que toda explicación puede ser simple y cuanto más simplicidad tenga más cerca estará la verdad. Inclusive el uso de la TSC no invalida esta aseveración ya que complejo no significa complicado. Y muchas veces, como demostraron Sokal y Bricmont (1999), el complicar las cosas es una estrategia para mostrar erudición magnificando contenidos endebles.
- *Enfoque sistémico.* Estudia una realidad como totalidad organizada y de la misma forma cada recorte que se haga en ella. Por lo tanto el enfoque sistémico puede ser aplicado en diferentes escalas de análisis. La TSC amplía a la TSG y brinda soluciones para su abordaje a partir de la utilización de teorías y metodologías específicas en cada nivel.
- *Pensamiento geográfico en la teoría sistémica.* Contempla un nivel de focalización espacial y su núcleo conceptual está compuesto por conceptos de anclaje espacial. De la misma manera otros paradigmas de la Geografía estarían actuan-

do en diferentes niveles de análisis y, en ese sentido, sus conceptos apoyarían anclajes supra-focales o infra-focales, desde las relaciones económico-políticas globales hasta la mente humana respectivamente. Sin dudas todos abordajes útiles para un análisis geográfico total, siempre que no se combinen aspectos contradictorios. La TSC demuestra porqué en Geografía nunca un paradigma pudo desplazar a otro: las discusiones fueron planteadas en niveles diferentes.

- *Materialidad empírica*. La Geografía como ciencia espacial es una perspectiva empírica, sus temáticas de análisis y sus problemáticas parten de la realidad, se realiza una abstracción y luego vuelven a ella para mejorarla a través de la ciencia aplicada. La realidad existe independientemente de quien la perciba y, de esa forma, sus estudios estarán orientados a la solución de problemáticas estructurales concretas, aquellas que pueden representar las bases necesarias para mejorar realmente la calidad de vida de la población.

Es en este contexto en el que se evidencia el papel social de la ciencia y la Geografía como ciencia espacial demuestra constantemente su utilidad como herramienta que apoya el proceso de toma de decisiones en materia territorial. Actualmente las Tecnologías de la Información Geográfica representan el componente central de la actual etapa de desarrollo (Buzai y Ruiz, 2012; Moreno Jiménez, 2013) y, su uso, permite encontrar soluciones reales apelando a procedimientos racionales que se apoyan en la simplicidad.

Referencias

- Baxendale, C. (2012). El estudio de la problemática ambiental en América Latina. Revisión de aportes teórico-epistemológicos: Gallopin, García y Leff. *Fronteras*, n° 11, 13-27.
- Bertalanffy von, L. (1968). *General System theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller.
- Boido, G. (1996). *Noticias del Planeta Tierra*. Buenos Aires: AZ.
- Bunge, M. (2012). *A la caza de la realidad*. Barcelona: Gesig.
- Bunge, M. (2014). *Memorias. Entre dos mundos*. Buenos Aires: EUDEBA.
- Buzai, G. (2010). Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica: sus cinco conceptos fundamentales. En G.D. Buzai (Ed), *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (pp. 163-195). Luján: Universidad Nacional de Luján.
- Buzai, G. (2013). Technological Dependency and the Internet: Latin American Access from Buenos Aires, 2001-2013. *Journal of Latin American Geography*, volumen 12, n° 3, 165-177.

- Buzai, G. (2014). Geografía, complejidad e investigación aplicada. *Boletín Cuyano de Geografía*, n° 102, 46-66.
- Buzai, G. & Cacace, G. (2012). El concepto de espacio. *Si Muove*, n° 5, 34-38.
- Buzai, G. & Marcos, M. (2012). The Social Map of Buenos Aires as Empirical Evidence of Urban Models. *Journal of Latin American Geography. Journal of Latin American Geography*, volumen 11, n° 1, 67-78.
- Buzai, G. & Ruiz, E. (2012). Geotecnósfera. Tecnologías de la Información Geográfica en el contexto global del sistema mundo. *Anekumene*, n° 4, 88-106.
- Capel, H. (1980). Sobre clasificaciones, paradigmas y cambio conceptual en Geografía. *El Basilisco*, n° 11, 4-12.
- De Rosnay, J. (1997). *El macroscopio. Hacia una visión global*. Madrid: AC.
- Delgado Mahecha, O. (2003). *Debates sobre el espacio en la Geografía Contemporánea*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Flas, W. & Agurcia, R. (1996). *Visión del pasado maya*. San Pedro Sula: Centro Editorial Asociación Copán.
- García, R. (2000). *El conocimiento en construcción*. Barcelona: Gedisa.
- García, R. (2006). *Sistemas Complejos*. Barcelona: Gedisa.
- Harvey, D. (1990). *The Condition of Postmodernity: An Enquiry into the Origins of Cultural Change*. Malden: Blackwell.
- Harvey, D. (2007). Una geografía urbana posible. En J. Berger & D. Harvey (Eds.), *Boulevard Central* (59-94) Buenos Aires: Edhasa.
- Hoyle, F. (1976). *De Stonehenge a la cosmología contemporánea*. Madrid: Alianza.
- Kuhn, T.S. (1981). *La revolución copernicana*. Barcelona: Ariel.
- Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación*. Madrid: Alianza.
- Moreno Jiménez, A. (2013). Entendimiento y naturaleza de la científicidad geotecnológica: una aproximación desde el pragmatismo geotecnológico. *Investigaciones Geográficas*, n° 60, 5-33.
- Nyerges, T. (1991). Analytical Map Use. *Cartography and Geographic Information Systems*, volumen 18, N° 1, 11-22.
- Nyerges, T & Golledge, R. (1997). *Asking Geographic Questions. NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science*. Santa Bárbara: University of California.

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

Russell, B. (1985). *La perspectiva científica*. Madrid: Sarpe.

Sagan, C. (1995). ¿Podemos conocer el universo? En M, Gardner (Ed.), *El escarabajo sagrado*. Madrid: Salvat.

Sobel, D. (2006a). *Los planetas*. Barcelona: Anagrama.

Sobel, D. (2006b). *Longitud*. Barcelona: Anagrama.

Soja, E. (1989) *Postmodern Geographies: The Reassertion of Space in Critical Social Theory*. London: Verso.

Sokal, A. & Bricmont, J. (1999). *Imposturas intelectuales*. Buenos Aires: Paidós.

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

Tobler, W. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, volumen 46, N° 2, 234-240.

Vidal, J.M. (1973). *El Sistema Solar*. Salvat: Navarra.

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

Wikipedia. (26, 02, 2015). Re: Eclipse lunar de setiembre de 2015 [Artículo en Enciclopedia].

Recuperado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Eclipse_lunar_de_septiembre_de_2015

Fecha de recepción: 25 de noviembre 2015

Fecha de aprobación: 15 de febrero de 2016

© 2016 por los autores; licencia otorgada a la Revista Universitaria de Geografía. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-NoComercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/deed.es_AR