

Reduccionismo y emergentismo en las Ciencias Geológicas

Luis Alberto Buatois

María Gabriela Mángano

Introducción

En su obra «La Investigación Científica», Mario Bunge (1989) sostiene el pluralismo como una de sus hipótesis filosóficas de la ciencia. Esta hipótesis, de carácter ontológico, afirma que la realidad tiene una estructura de varios niveles, caracterizados cada uno de ellos por un conjunto de propiedades y leyes, que difieren de las de los niveles adyacentes. Algunas de las propiedades del nivel inferior pueden desaparecer y a su vez surgir otras nuevas. Esta noción de pluralismo se basa en una concepción emergentista de niveles integrativos a partir de los cuales es posible analizar la realidad. Bunge distingue cuatro de estos niveles, físico-químico, biológico, psicológico y sociocultural. La concepción emergentista se opone al **reduccionismo**, entendiendo por éste el proceso de explicación de propiedades correspondientes a un nivel superior mediante leyes de un nivel inferior. En «Teoría y Realidad», Bunge (1985) señala que el reduccionismo exhibe dos aspectos: «por un lado estimula la exportación de conocimientos de bajos niveles a niveles altos; pero por otro lado inhibe la búsqueda de nuevas propiedades y leyes que, aunque arraigadas en las que caracterizan a niveles inferiores, surgen de ellas y no les son idénticas».

Por su parte, Paul Humphreys (1997) realiza una defensa del emergentismo y enumera una serie de criterios que deben satisfacer las propiedades para ser denominadas emergentes, a saber: 1) deben ser novedosas, 2) deben ser cualitativamente diferentes con respecto a las propiedades de las cuales emergen, 3) debe ser lógica o nomológicamente imposible que se presenten en el nivel inferior, 4) deben responder a leyes distintas a las del nivel del cual emergen, 5) surgen de la interacción de las propiedades de sus constituyentes y 6) son holísticas en el sentido que son propiedades del sistema entero y no propiedades locales de sus constituyentes. Con su análisis, este autor busca «disolver el aire de misterio que tradicionalmente rodeó al emergentismo».

En la presente contribución contrastaremos la aplicabilidad de las tradiciones de investigación de carácter emergentista y reduccionista en un campo del conocimiento frecuentemente olvidado por los epistemólogos: las ciencias geológicas. Asimismo, intentaremos demostrar que un enfoque emergentista es a todas luces más fructífero para analizar la estructura del conocimiento geológico y discutiremos el lugar que ocupa la geología dentro la concepción de pluralidad de niveles. En su diagrama de los distintos niveles, Bunge (1989) no incluye a la geología. Notablemente, en su tratamiento de las leyes de cada nivel discute las leyes geológicas a continuación de las físicas y químicas, previo a tratar las leyes biológicas. Al respecto, se pregunta

¿Hay pocos esquemas objetivos geológicos, son la física y la química suficientes para la mayoría de los fines geológicos o se encuentra la geología en un estadio poco desarrollado?».

Antes de comenzar nuestro análisis, es importante efectuar algunas aclaraciones terminológicas. En primer lugar, cabe distinguir entre la noción de pluralismo de niveles adoptada aquí y el concepto de pluralismo explicatorio. El pluralismo explicatorio sostiene que algunos eventos pueden ser correctamente explicados en dos modos distintos y no presupone ni invalida el pluralismo de niveles. Esta tesis ha sido aplicada recientemente por Grantham (1999) a la paleobiología. La acepción de pluralismo como pluralismo explicatorio no es la adoptada en este trabajo. Del mismo modo, dentro del marco conceptual de la epistemología evolucionista, se ha desarrollado la noción de «naturalismo reduccionista», que busca reducir el término «razón» a términos naturalistas. Como lo explicita Giere (1985), uno de los representantes más importantes de esta tendencia, esta versión del naturalismo se opone al emergentismo. Resulta francamente paradójica una postura reduccionista de este tipo por quienes se autodenominan evolucionistas y naturalistas ya que, como discuten Mángano y Buatois (estas reuniones), la existencia de niveles emergentes es una de las características de la moderna Teoría de la Evolución. Un representante de esta tendencia es Giere (1985), quien ha aplicado esta doctrina al estudio de la teoría más importante en el campo de la geología, la Tectónica de Placas. Si bien una discusión del análisis de Giere queda fuera del objetivo del presente estudio, podemos adelantar nuestra coincidencia con la crítica de Alberto Cordero (1997) y sostener que la perspectiva de Giere sobre el tema no nos resulta satisfactoria.

Un programa reduccionista de la geología

Los estudios tendientes a analizar las vinculaciones entre la geología y el nivel físico-químico son escasos, mencionándose las contribuciones de Bradley (1970) y Kitts (1970, 1977). Bradley (1970) discute la aparente escasez de leyes en la geología y, si bien reconoce la especificidad de la misma, sugiere que los geólogos deberán valerse de la ayuda de la física, la química y la biología para obtener un mayor número de regularidades. Por su parte, Kitts (1970, 1977) también reconoce la falta de sistematización en la geología. El consenso entre quienes reflexionaron sobre la especificidad de la geología parece ser el de que la totalidad de los fenómenos geológicos puede explicarse mediante leyes físico-químicas. A esta concepción la denominamos aquí «**tradición de investigación reduccionista en la geología**».

David Kitts es quien más ha avanzado en la explicitación de este programa. En «The Structure of Geology», Kitts (1977) afirma que

Las leyes que proporcionan gran parte de la sistematización de nivel superior en la geología no están, quizás, asociadas directamente con una teoría de la geología a causa de que son leyes sin una referencia geológica particular, las cuales son reconocidas, de ordinario, como pertenecientes a la teoría de la química y de la física.

Es decir, según la postura de Kitts, cuando en la geología entran en juego leyes, éstas son mayormente leyes del nivel físico-químico. En otra de sus contribuciones, Kitts (1970) sostiene que

Los geólogos están confiados, a su modo de ver, en que las generalizaciones que contienen esos términos (Aclaración: por términos geológicos) pueden ser derivadas de generalizaciones de nivel superior las cuales pertenecen a la física».

Para Kitts no hay propiedades geológicas novedosas con respecto a las de la física y la química.

Los aportes teóricos de Kitts se encuentran enmarcados en la tradición del positivismo lógico, principalmente en autores tales como Rudolph Carnap, Ernst Nagel y Carl Hempel. Hay en Kitts una preocupación por el problema de la unidad de la ciencia, uno de los tópicos clásicos de su época. Dentro de esta postura, la reducción de la geología a la física y la química funcionaría como un reaseguro de una concepción fiscalista del mundo.

Dados los marcos teóricos imperantes, no debe sorprendernos entonces que la tradición reduccionista haya sido la dominante en los distintos campos de las ciencias geológicas hasta bien entrada la década del sesenta. Ejemplificaremos esta afirmación analizando el desarrollo durante esa década de una disciplina geológica particular, la sedimentología, que se ocupa del estudio de las rocas sedimentarias, incluyendo su descripción e interpretación genética. En términos de categorías de determinación, las explicaciones sedimentológicas clásicas sobre, por ejemplo, generación de sucesiones sedimentarias de origen fluvial, empleaban categorías de autodeterminación cuantitativa (Buatois, en arbitraje). Este programa de investigación desembocó en la postulación de los denominados «modelos autocíclicos», los cuales se fundan en las propiedades del sistema en sí. Los estudios de John Allen (1963, 1964) sobre las sucesiones sedimentarias generadas por ríos meandriformes resultan paradigmáticos. Los trabajos de este tipo explicaban la generación de sucesiones fluviales como el producto de mecanismos sedimentarios y, en particular, la explicación última se basaba en la hidrodinámica, una disciplina del nivel físico-químico. A medida que el canal meandriforme migra lateralmente, la intensidad del flujo disminuye en forma progresiva en una localidad dada. Este proceso genera una particular sucesión vertical de litologías y estructuras sedimentarias físicas, que registra tales variaciones hidrodinámicas. Dentro de este programa de investigación se enmarcan distintas obras claves sobre la relación entre hidrodinámica y estructuras sedimentarias físicas, tales como los tratados del ya citado Allen (1979, 1982) y el libro de texto de Harms y colaboradores (1975). En la siguiente sección nos detendremos en la discusión de cómo este mismo ejemplo de generación de sucesiones fluviales fue complejizado en términos interpretativos durante los años subsiguientes.

La geología como un nivel emergente del físico-químico

Es innegable que la geología hunde sus raíces en la física y la química. Las explicaciones de fenómenos geológicos no pueden entrar en conflicto con las leyes físico-químicas. Sin embargo, esto no significa que todas las propiedades de los sistemas geológicos

sean explicables en términos físico-químicos. A su vez, el considerar que existen propiedades particulares a nivel geológico no implica que tal nivel entre en contradicción con el nivel físico-químico. Las leyes físico-químicas siguen entrando en juego. Del mismo modo, si la tribuna de un estadio de fútbol se desmorona, los hinchas caerán según la ley de la gravitación. Sin embargo, esto no justifica, por cierto, el intentar explicar el comportamiento social de las barras bravas en función de leyes físico-químicas. Moraleja: no debemos mezclar niveles de emergencia al analizar la realidad.

Esta confusión parece encontrarse en algunos de los análisis de Kitts. Por ejemplo, Kitts (1970) afirma que

Casi todos los geólogos proceden como si las raíces de cada enunciado geológico estuviesen contenidas causalmente en la teoría físicoquímica. La teoría geológica se ha modificado para acomodarse a dicha teoría, pero nunca ha ocurrido lo contrario».

Del mismo modo, al discutir el carácter histórico de ciertas generalizaciones geológicas, señala que «no sólo los geólogos, sino también la mayoría de los demás, se encuentran profundamente comprometidos con las «leyes fundamentales de la naturaleza» contenidas en la teoría física de nuestro tiempo. Estas leyes no son abandonadas en el curso de la práctica diaria de la ciencia histórica». Sin embargo, como fue discutido previamente, el abandono de las leyes físico-químicas no es una exigencia para la emergencia de propiedades y sistemas geológicos de un nivel de organización más complejo.

Retomemos nuestro ejemplo de la sección anterior. Harold Reading (1987) ha analizado las consecuencias, tanto positivas como negativas, del modelo autocíclico de sucesiones fluviales meandriformes desarrollado al comienzo de la década del sesenta. Una de las consecuencias negativas más relevantes a los efectos de nuestro análisis fue que los sedimentólogos, al contar con un modelo autocíclico aparentemente confiable, cerraron sus mentes a explicaciones alocíclicas (externas al sistema) alternativas, tales como el tectonismo y el clima. Tal cual señala Reading (1987), esto no estaba implícito por cierto en el modelo original de Allen (1964). Muy por el contrario, Allen (1964) había puntualizado que la sucesión de facies por él identificada podía deberse no sólo a la migración autocíclica del sistema meandriforme, sino también a cambios en el nivel del mar o a picos de actividad tectónica. Fue una aplicación desmedida y acrítica del modelo por parte de sus seguidores la responsable de tal malentendido.

Si bien el modelo autocíclico explicaba correctamente en términos hidrodinámicos las variaciones en el régimen del flujo canalizado, esta explicación obviaba otros aspectos igualmente relevantes a escala geológica. Principalmente, no tomaba en consideración los factores externos que podían ocasionar la migración del sistema fluvial, en particular tectonismo, clima y nivel del mar. Esto se hizo evidente a fines de la década del sesenta y principios de los setenta con el advenimiento de la teoría de la Tectónica Global o Tectónica de Placas, que catapultó al tectonismo a un papel protagónico en las ciencias de la tierra. Esta teoría proporcionó un marco adecuado para la explicación de los fenóme-

nos geológicos y unificó las distintas disciplinas dentro de las ciencias de la tierra. La Tectónica Global no entra por supuesto en conflicto con las leyes del nivel físico-químico, sino que por el contrario está firmemente basada en ellas. Pero, a su vez, establece un contexto de mayor complejidad que el del nivel físico-químico. Por su parte, el surgimiento de la Estratigrafía Secuencial a fines de los setenta y su formidable expansión a lo largo de las décadas del ochenta y noventa puso de relieve la importancia de las fluctuaciones del nivel del mar como mecanismo de control en la generación de sucesiones sedimentarias. Estos estudios demostraron que existía una serie de cortejos depositacionales («systems tracts») integrados por sistemas de deposición vinculados genéticamente, cuyo desarrollo correspondía a posiciones bien definidas del nivel del mar a lo largo de un ciclo de fluctuación eustática. Intentar agotar el análisis de estos sistemas en términos de la teoría hidrodinámica impide indudablemente captar la complejidad de los procesos y factores de control vinculados a la generación de sucesiones sedimentarias. Como consecuencia de estos desarrollos recientes, gran parte de los esfuerzos de los sedimentólogos actuales apunta a clarificar el rol de los factores alocíclicos (tectonismo, nivel del mar y clima) en la acumulación de sucesiones sedimentarias. Ejemplos de este programa de investigación son las obras editadas por Posamentier y colaboradores (1993) y Frostick y Steel (1993).

Ubicación de la geología en un esquema emergentista de pluralidad de niveles

Los recientes desarrollos en el campo de las ciencias de la tierra sugieren que la geología representa un nivel emergente con respecto al nivel de la física y la química. Se basa en éstas, pero exhibe propiedades novedosas. Las explicaciones de fenómenos geológicos, si bien en concordancia con las leyes físico-químicas, involucran propiedades, objetos y sistemas de mayor complejidad. Asimismo, en las explicaciones geológicas entran comúnmente en juego categorías de determinación más complejas que la determinación causal. La geofísica y la geoquímica representan disciplinas de internivel que vinculan la geología con el nivel subyacente. Por su parte, la biología constituye un nivel emergente con respecto al nivel de la geología. La geología se ve emparentada con la biología, mediante varios campos de análisis interdisciplinarios de internivel, tales como la paleobiología y la paleoecología. Si bien una tradición reduccionista de la geología fue dominante a lo largo de la década del sesenta, desarrollos más recientes vinculados al surgimiento de la Tectónica Global y, en menor medida, la Estratigrafía Secuencial, hacen imposible mantener esta postura, sugiriéndose su reemplazo por una concepción emergentista.

Bibliografía

- Allen, J.R.L. «The classification of cross-stratified units with notes on their origin». *Sedimentology*, 2, 1963, págs. 93-114.
- Allen, J.R.L. «Studies in fluvial sedimentation: six cyclothemes from the Lower Old Red Sandstone, Anglowelsh Basin». *Sedimentology*, 3, 1964, págs. 163-198.
- Allen, J.R.L. *Physical processes of sedimentation*. Londres: Allen and Unwin, 1970.
- Allen, J.R.L. *Sedimentary structures; their character and physical basis*. Amsterdam: Elsevier, 1982.
- Bradley, W.H. Leyes geológicas. En: Albritton, C.C. (Ed.), *Filosofía de la Geología*. México: Compañía Editora Continental, 1970, págs. 25-38.
- Buatois, L.A. en arbitraje. «Causalidad y determinismo en las ciencias geológicas». *Revista Teoría*. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Tucumán.
- Bunge, M. *Teoría y Realidad*. Barcelona: Editorial Ariel, 1985, pág. 301.
- Bunge, M. *La investigación Científica*. Barcelona: Editorial Ariel, 1989, pág. 955.
- Cordero, A. 1997. «Las ideas evolucionistas y el naturalismo contemporáneo». En: Martínez, S. y Olivé, L. (Ed.), *Epistemología evolucionista*. México: Paidós, 1997, págs. 185-219.
- Frostick, L.E. y Steel, R.J. (Eds.). 1993. *Tectonic controls and signatures in sedimentary successions*. Oxford: IAS Special Publication 20, 1993.
- Giere, R.N. *Philosophy of science naturalized*. *Philosophy of Science*, 52, 1985, págs. 331-356.
- Grantham, T.A. *Explanatory pluralism in paleobiology*. *Philosophy of Science*, 66 (Proceedings), 1999, S223-S236.
- Harms, J.C., Southard, J.B., Spearing, D.R. y Walker, R.G. *Depositional environments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences*. Dallas: Short Course Notes 2. SEPM, 1975.
- Humphreys, P. *Emergence, not supervenience*. *Philosophy of Science*, 64 (Proceedings), 1997, S337-S345.
- Kitts, D.B. «Teoría de la geología». En: Albritton, C.C. (Ed.), *Filosofía de la Geología*. México: Compañía Editora Continental, 1970, págs. 71-101.
- Kitts, D.B. *The Structure of Geology*. Dallas: Southern Methodist University Press, Dallas, 1977, págs. 180.
- Posamentier, H.W., Summerhayes, C.P., Haq, B.U. y Allen, G.P. *Sequence stratigraphy and facies associations*. Oxford: IAS Special Publication 18, 1993.
- Reading, H.G. *Fashions and models in sedimentology: a personal perspective*. *Sedimentology*, 34, 1987, págs. 3-9.