

Re-Descubrimiento del Método de las Múltiples Hipótesis de Trabajo en Geología

Por Alberto Lobo-Guerrero Sanz, Geólogo, M.Sc., Min.Ex.¹, Ph.D.
Vice-Presidente de Operaciones de LOGEMIN S.A., Bogotá, Colombia
Correos electrónicos: ageo@iname.com, ageo@logemin.com
Teléfono: +57-1-643 5364; portal corporativo: www@logemin.com

RESUMEN

La manera de pensar geológicamente es algo particular que comparten pocas profesiones. Parte de lo que hace tan atractivo ejercer la geología es que requiere un proceso de pensamiento abstracto, interrelacionado, multitemporal y multidimensional. El Método de las Múltiples Hipótesis de Trabajo en Geología, presentado por T.C. Chamberlin a finales del siglo XIX constituye una herramienta invaluable en la actividad de un estudioso de las ciencias naturales.

La geología se basa en observaciones, relaciones entre los fenómenos observados y deducciones. Un geólogo de experiencia aplica con criterio los principios de la geología en su evaluación de los fenómenos naturales. El método de las múltiples hipótesis de trabajo se basa en observar un fenómeno natural, e interpretar su razón de ser o el proceso que le dió origen por medio de varias alternativas posibles. Dichas alternativas deben elaborarse en la mente del investigador, sin prejuicio por una u otra, y deben irse sustentando o descartando con observaciones adicionales, pequeños experimentos, o razonamientos geológicos.

Este artículo traduce y comenta varios apartes de la publicación original de T.C. Chamberlin (1897) donde presentó por primera vez a la comunidad científica el concepto de las múltiples hipótesis de trabajo. Incluye ejemplos de aplicación de las múltiples hipótesis para evaluar aspectos del efecto del choque de las olas contra una costa, de las gravas gruesas en una playa de Lima, el origen de la unidad estratigráfica denominada Conglomerado de Lima, y la razón de ser de las cuencas andinas del Pérmico superior-Triásico-Jurásico en Suramérica.

PALABRAS CLAVE: aulacógeno, Chamberlin, Conglomerado de Lima, filosofía, geología, Grandes Lagos de Norteamérica, Lima, método científico, múltiples hipótesis de trabajo, pensamiento geológico, Jurásico, Pérmico superior, Perú, rift, Suramérica, teoría del conocimiento, trabajo geológico, Triásico

ABSTRACT

The geological way of thinking is quite unique and few other professions share that particular trait. Geology demands an abstract, inter-related, multi-temporal and multi-dymensional way of thought, which make it such a rewarding activity. The Method of Multiple Working Hypotheses in Geology, first presented by T.C. Chamberlin near the end of the nineteenth century constitutes and invaluable tool for the activities of a natural scientist.

Geology is based on observations, relationships between observed phenomena and deductions. An experienced geologist subjectively applies the geological principles in his evaluation of natural phenomena. The method of the multiple working hypothesis is based on observing a given natural phenomenon, and interpreting the process which originated it or the way it came to be by devising several possible alternatives. Each alternative must be objectively thought by the researcher, without bias, and must be supported or discarded based on additional observations, small experiments or geological reasoning.

This article translates and comments several portions of T.C. Chamberlin's, 1897 original publication, where he first introduced the concept of multiple working hypothesis to the scientific community. Aspects of waves clashing into the coast, the coarse gravel of a Lima beach, the origin of the Lima Conglomerate, and the origin of Andean upper Permian-Triassic-Jurassic South American basins are presented as examples of the method's application.

KEY WORDS: aulacogen, Chamberlin, geology, geological work, geological thought, Great Lakes, Jurassic, knowledge theory, Lima, Lima Conglomerate, multiple working hypothesis, philosophy, Peru, rift, scientific method, South America, Triassic, upper Permian

¹ Charla presentada ante la Sociedad Geológica del Perú, hacia Marzo del 2002. El autor aún no había iniciado sus investigaciones de doctorado.

Un geólogo valoriza la tierra que pisa.

- Aforismo popular -

1. Introducción

Al comenzar mis estudios de geología con frecuencia pasaba tardes enteras escarbando en los viejos libros de mi abuelo². Hojeando en un libro sobre las fuentes de la geología, donde había artículos de Leonardo da Vinci, Leopoldo von Buch, Carlos Darwin, Lázaro Spallanzani y otros, encontré un interesante artículo sobre filosofía del pensamiento geológico. Me sorprendió luego que el mismo artículo era lectura obligatoria en varios de mis cursos en el Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá.

Al hablar sobre el tema durante una conferencia en la Sociedad Geológica del Perú, encontré que muchos asistentes no conocían el tema en absoluto. En este escrito retomo tan interesante artículo y lo presento en castellano para darle mayor difusión entre estudiantes y profesionales de las ciencias de la tierra en países de habla castellana. Incluyo algunos casos de aplicación del método en asuntos latinoamericanos.

El célebre artículo sobre el Método de las Hipótesis Múltiples de Trabajo en Geología que da el título a esta contribución, define uno de los principios básicos del pensamiento geológico. Constituye una manera de pensar el mundo verdaderamente única, que desarrolla multitud de pensamientos paralelos, ayuda a meditar creativamente y a innovar con la herramienta más valiosa que tenemos los científicos: el cerebro.

Los conceptos filosóficos planteados por Chamberlin permanecen vigentes aunque tengan más de un siglo de formulados. Son ideas acerca de las ideas, que merecen pasar por nuestra mente una vez más.

2. Procesos de Pensamiento en Geología

La geología se basa en observaciones, relaciones entre los fenómenos observados y deducciones. Un geólogo de experiencia aplica con criterio los principios de la geología en su evaluación de los fenómenos naturales. Al observar un fenómeno, especialmente cuando es nuevo para nosotros, nos llenamos de interrogantes. Pronto hallamos varias explicaciones posibles para resolverlos. “El fenómeno pudo producirse por esto, aquello, lo de más allá, etc.”, pensamos. Para discutir acerca del proceso de pensamiento incluiré entre comillas las ideas pensadas. Así el lector podrá seguir las reflexiones.

Estos conceptos pueden quedar más claros con un ejemplo. Al caminar cerca de la costa en los alrededores del centro comercial Larco Mar³ en las primeras horas de la mañana un Domingo, me llama la atención el fuerte ruido periódico que proviene de la playa. Entonces pienso que el ruido se produce por el choque de las olas contra el material de la costa. “Eso lo he observado antes en otras costas, y hasta en costas de lagos andinos.” Sin embargo, al hacer esa rápida analogía, relacionando apresuradamente experiencias anteriores con un nuevo fenómeno, estoy dejando de lado el verdadero proceso de pensamiento geológico. “Es preciso que observe mejor y que mis sentidos registren más información sobre el asunto.”

Al notar el desfase entre la llegada de la ola rompiente a la playa y el momento en que se produce el sonido pensé en varias cosas: “1) Puede que el desfase se deba al tiempo que tarda en viajar la onda sonora hasta mí. 2) Puede que el desfase sea verdadero y que el sonido esté relacionado con algún otro fenómeno que aún desconozco. ¿Cuál podrá ser la causa?” La primera idea pronto la descarté al observar la coherencia del sonido de las olas al romper su cresta por primera vez, que coincidía bastante bien con mi percepción del sonido producido.

Me picó entonces la curiosidad y decidí ir a ver el asunto más de cerca, bajando a la playa. Desde allí pude ver el tamaño de las gravas, y casi parado en la zona donde termina de salir el agua del mar hacia la playa, constaté que el ruido se produce cuando el agua vuelve al mar, movida por la fuerza de gravedad y arrastra gravas

² Mi abuelo paterno, Alberto Lobo-Guerrero Dussán, tomó cursos de geología en 1918 durante su carrera de Ingeniería Química en el Instituto Tecnológico de Massachussets, Estados Unidos de Norteamérica. Más adelante tuvo oportunidad de pulir su geología en la Escuela de Minas de Colorado y en la Universidad de Stanford, California.

³ El Centro Comercial Larco Mar está ubicado donde la Avenida Larco llega al acantilado, en el distrito de Miraflores, Lima, Perú.

golpeándolas entre si. El choque de innumerables fragmentos de grava produce el ruido que me inquieta. Así quedó resuelta mi duda. Sin embargo, al resolver esa duda, las nuevas observaciones me plantearon nuevos interrogantes.

“El ruido no lo producen las olas al chocar, sino al alejarse de la costa... Eso es algo inesperado para mí. Nunca se me habría ocurrido que esa era la razón. Pensé en todo menos en eso.” La experiencia me decía que “eso no existe”. Pero mi experiencia por naturaleza siempre será limitada. No hay manera de que yo pueda vivir todo lo vivible, y aunque lo hiciera, mi percepción de la realidad será siempre parcial. Observaré porciones de lo que pase frente a mis sentidos y sobre esa “experiencia” elaboraré mi idea de las cosas. No quiero entrar en mayores detalles sobre el pensamiento y la percepción del mundo. Eso es alta filosofía que escapa al alcance de este artículo.

Tan sólo quiero traer a cuento la antigua historia de los seis sabios ciegos de Indostán que fueron a conocer un elefante. El primero tocó la trompa y “vió” que el elefante era como una gruesa serpiente. El segundo ciego palpó un colmillo afilado, y “observó” que el elefante era como una punta de lanza. El tercero tocó una pierna y “vió” que el elefante era masivo y rugoso como el tronco de un árbol. El cuarto tocó el torso del animal y juraba que el elefante era plano y rígido como una pared de piedra. El quinto sabio ciego tocó la cola y afirmaba que el elefante era como una cuerda desflecada. El sexto tocó la oreja y sintió el viento producido por su movimiento; afirmaba que el elefante era semejante a un enorme abanico. Entre los seis sabios se armó una acalorada discusión por ver quién tenía la razón e intentaron describir en grupo al elefante que visitaron. Cada uno de los seis sabios ciegos tenía la razón, pero ninguno la tenía. Esta paradoja sucede por la información parcial que cada “observador” ciego tuvo del mismo elefante, un fenómeno natural complejo.

Sigamos con otro ejemplo. Al ver el tamaño de las gravas de la playa bajo el acantilado de Larco Mar, en mi mente surgen ciertas ideas. “No es común que una playa esté conformada por cantos tan gruesos. Es normal que en las costas haya cantos redondeados, pero mucho más finos. La grava de la costa parece provenir de la erosión del Conglomerado de Lima que aflora formando el acantilado.” Mi mente amarra luego algunas conversaciones sostenidas con perforadores de pozos de agua e hidrogeólogos en Lima, que hablaban acerca de la unidad geológica que yace bajo la capital peruana. “Aprecio además que el acantilado, en algunos casos de varios cientos de metros, está conformado por gruesos depósitos de ríos anastomosados.”

La composición general de los clastos también sirve para ir construyendo la familia de ideas relacionadas con mis observaciones durante esa caminata matinal. Tales ideas sirven para sustentar las observaciones que hago del medio natural, y pueden ser excluyentes entre sí. De esta forma es como progresivamente voy generando las hipótesis múltiples de trabajo.

Pienso: “Hay clastos redondeados, con forma de lenteja o dulce de menta, de tamaño grava gruesa, compuestos por rocas ígneas intermedias de grano grueso, pórfidos de composición intermedia, rocas básicas de grano fino a muy fino (diabásicas?) y esporádico cuarzo lechoso. La forma de la gran mayoría de los clastos es elipsoidal, con los parámetros x , y y z de diferente dimensión y carácter lensoidal o de lenteja.”

En los acantilados aprecio clara estratificación subhorizontal, en capas lenticulares conformadas por grava gruesa, cantos rodados, con imbricación, y algunos lentes de limo, arena y arena limosa. El tamaño de grano, las formas y estructuras sinsedimentarias indican un ambiente de ríos trenzados. Hay ocasionales diaclasas verticales en dirección perpendicular al frente de acantilado (y/o de playa) así como paralelas al mismo, que evidentemente controlan la erosión del maciso rocoso y definen la geometría del acantilado.

En un corte esquemático de un abanico de gravas veo (pienso) que hay material grueso en el ápice, y gradación hacia limos y arenas finas en el pie.

La actual línea de costa parece ser el producto de erosión durante muchos años. El abanico en primer lugar requirió una cantidad de agua que no tienen los ríos actuales de la región, y ese régimen pluvial debió continuar por un tiempo prolongado para producir los gruesos depósitos de grava que se aprecian en el abanico actualmente. El volumen de agua en mención pudo generarse por fusión de los casquetes de hielo y nieve durante la última de-glaciación. El súbito e intenso levantamiento de la Cordillera Andina y la subsiguiente erosión aportaron los materiales del abanico.

Caminar por el Batolito de La Costa y verificar su composición litológica en afloramientos me permite obtener más herramientas de juicio. Los clastos de playas similares en otras costas peruanas sirven para darme una idea del fenómeno de conformación de la costa pacífica peruana

Parafraseando las palabras de John E. Warme⁴,

el científico de la tierra “juega con las reglas del trabajo geológico aunque sean algo frustrantes: (1) obtiene porciones de información, aunque estén incompletas, que sean pertinentes a un problema, (2) las evalúa, (3) llega a una conclusión, aunque sea imperfecta, y luego (4) está dispuesto a aceptar y analizar nuevos datos pertinentes al problema, para (5) repetir todo el proceso nuevamente.”

3. Thomas Crowder Chamberlin

Después de estas ideas sobre el pensamiento geológico, vamos a conocer a Thomas Crowder Chamberlin. Nació en los Estados Unidos de Norteamérica en 1843. Se hizo geólogo y cosmólogo. En esos tiempos, como también a comienzos del siglo XXI, cualquier científico verdadero era autodidacta. Para 1892, fue llamado de la presidencia de la Universidad de Wiconsin para ser el primer decano del Departamento de Geología de la nueva Universidad de Chicago, posición que ocupó hasta su retiro en 1918. Como geólogo del Servicio Geológico de los Estados Unidos, su trabajo más notable tuvo que ver con los fenómenos glaciales del valle del Río Mississippi. En el último tercio de su vida, dirigió sus investigaciones hacia la cosmogonía y los problemas geológicos que sólo pueden resolverse conociendo la estructura profunda de la tierra. Como profesor de geología, ejerció marcada influencia sobre muchos geólogos de importancia. Falleció en 1928.

Mientras enseñaba en la universidad de Chicago, escribió el artículo que hoy comentamos, publicado originalmente en el *Journal of Geology* en 1897. Fue luego re-editado en MATHER, KF & MASON, SL, [1939] *A Source Book in Geology*. Esta fue la edición que llegó un día a mis manos, y me hizo volver a abrir los ojos. A continuación presentaré una traducción libre⁵ de algunos apartes del artículo original, omitiendo las comillas para hacer más fácil la lectura.

4. Método de las Múltiples Hipótesis de Trabajo

Existen dos formas fundamentales de estudio. Una intenta seguir los procesos de pensadores anteriores a través de imitación y memorización para aprender los resultados de sus investigaciones. Es un estudio meramente secundario, imitativo, de naturaleza adquisitiva. En la otra forma, el esfuerzo se basa en pensar independientemente, o al menos de manera individual. Es estudio creativo, de naturaleza primaria. El esfuerzo es descubrir nuevas verdades, producir nuevas combinaciones de la verdad, o por lo menos generar un ensamble individualizado de la verdad a través de un esfuerzo propio. El ejercicio es pensar por uno mismo, sin importar si acaso el razonamiento se encuentra en campos del pensamiento previo. En esta forma de pensamiento no es necesario que el tema sea nuevo; puede re trabajarse material viejo. Pero es esencial que el proceso de pensamiento y sus resultados sean individuales e independientes, no sólo el seguimiento de líneas de pensamiento anteriores que llevan a resultados pre-determinados. Lo anterior se ilustra con la demostración de un problema en geometría euclidiana, siguiendo precisamente los postulados tradicionales; demostrar la misma proposición por un método propio o de una manera individual ilustra lo segundo, aunque ambas formas se engloban en el reino de lo viejo y conocido.

Sin embargo, el estudio creativo halla su mayor aplicación en aquellos temas de los que, aunque se sabe mucho, aún queda bastante por aprender. El campo geológico está generalmente lleno de tales temas, de hecho casi no tiene temas de otro tipo. Probablemente no existe un campo del pensamiento que no sea lo suficientemente rico en temas para darle rienda suelta a las formas de estudio investigativo.

En la evolución intelectual hasta ahora han sobresalido tres fases del proceso mental. No es prudente predecir qué fases adicionales están reservadas para nosotros hacia el futuro. Las tres fases se pueden resumir en el método de la teoría reinante, el método de la hipótesis de trabajo, y el método de las múltiples hipótesis de trabajo.

⁴ John E. Warme fue profesor de Estratigrafía Aplicada en Colorado School of Mines. En la presentación de su curso, presenta las palabras citadas acerca del trabajo en geología. *Prospectus for Graduate Studies in Geology*, Golden Colorado, 1992.

⁵ Esta traducción conserva el estilo original del autor. Intenta preservar la selección de palabras, ejemplos y tratamiento general del texto de 1897. Algunos párrafos largos se partieron, conservando el orden y construcción originales.

Durante los primeros días del desarrollo intelectual, la esfera del conocimiento era limitada, y cabía mucho más que ahora en el rango de un sólo individuo. Como resultado natural esos que entonces se tenían por hombres sabios, o que aspiraban a serlo, tuvieron la necesidad de saber sobre todo lo conocido, o al menos pretenderlo, para justificar su calificación. Como contraparte natural, nació la expectativa popular que los sabios y entendidos podrían explicar cualquier asunto nuevo que se presentase. Entonces el orgullo y la ambición por un lado, y la esperanza por el otro, se dieron la mano para desarrollar los así llamados hombres sabios cuyo saber englobaba todo lo conocido, y cuyos miembros encontraban explicación para cada nuevo rompecabezas que surgía. Aunque ya hace mucho tiempo no es posible abarcar todas las esferas del conocimiento, quedan algunos representantes en ciertas predilecciones intelectuales. Como en los albores de la humanidad, es frecuente inventar una explicación rápida para cada nuevo fenómeno que sale a la luz. La interpretación deja su lugar propio en la cola de la procesión intelectual y corre al frente de la misma. Muy a menudo, tan pronto nace una teoría se busca evidencia para acomodarla. Aunque es laudable el esfuerzo por explicar los fenómenos, casi con seguridad se van a generar fuentes de confusión y error cuando se producen teorías antes de una pesquisa detallada sobre el fenómeno mismo. Una búsqueda estricta para definir precisamente el fenómeno debe preceder al proceso de teorización y producir la pregunta “Cómo llegó esto a ser?” en una etapa posterior. El orden normal debe ser primero los hechos concretos, y luego su interpretación.⁶

El hábito de precipitar la explicación lleva rápidamente al nacimiento de teorías generales. Cuando se ha ofrecido una teoría especial para un fenómeno dado, la auto-consecuencia” fuerza a que demos la misma explicación o teoría para hechos semejantes al original... por un tiempo estas teorías de gestión rápida se mantienen cándidamente de manera tentativa, o al menos con una ilusión auto-generada de candor... La influencia cegadora de los afectos entra en esa etapa tentativa... Aunque los afectos intelectuales son importantes como estímulo y recompensa, sin embargo constituyen factores peligrosos en la investigación. Con frecuencia restringen la integridad de los procesos intelectuales... Resumiendo, una explicación prematura pasa primero a teoría tentativa, luego a teoría adoptada, y finalmente a teoría imperante.

El método presenta obvios defectos y produce errores graves. Si tuviera que definir la principal falla psicológica, diría que es admitir afecto intelectual en el lugar donde sólo debe dominar una imparcial rectitud intelectual.

Ese hábito de pensamiento mantuvo su soberanía mientras que la inquietud intelectual se encargó de analizar lo intangible; porque los fenómenos en sí mismos, siendo ampliamente subjetivos, se moldeaban a la idea imperante. Pero cuando la investigación se transformó en una búsqueda incesante de los fenómenos naturales, cuya naturaleza es tangible, cuyas propiedades son inflexibles, y cuyas leyes son rigurosas, se hicieron patentes los defectos del método y surgieron esfuerzos para reformarlo. El primer esfuerzo fue represivo. Los abogados de la reforma insistieron que se debía restringir la teorización, y que debía reemplazarse por una simple determinación de hechos. La idea era hacer del estudio científico algo estadístico más que causal. Se condenó teorizar, cuando se hicieron patentes los errores de teorizar en líneas finas. La reforma propendía por suprimir el esfuerzo de teorización y no su control y aplicación eficaz. Sólo necesitamos retroceder un par de décadas⁷ para hallarnos en medio de ese intento de reforma. La debilidad de la reforma radicaba en su estrechez y carácter restrictivo. No hay aspiración más noble del intelecto humano que el deseo de comprender la causa de las cosas. La disposición para hallar explicaciones y desarrollar teorías es laudable en sí misma. Tan sólo es negativo su mal uso y abuso. La vitalidad del estudio se desvanece cuando su objeto es sólo coleccionar datos sin sentido.

La ineficacia de esta reforma represiva se hizo aparente, y se buscaron mejoras en el método de las hipótesis de trabajo. Se afirma que este sí es *el verdadero* método científico. Pero es vano afirmar tal cosa, al menos que sea el método *idóneo*. La hipótesis de trabajo difiere de la teoría reinante en que se usa como medio para determinar hechos más que para establecer una proposición. Su función principal es sugerir y guiar líneas de investigación, y dicha investigación se lleva a cabo, no para sustentar la hipótesis, sino más bien para estudiar los hechos y dilucidarlos. La hipótesis es un medio antes que un

⁶ Esto es semejante al proceso de pensamiento activo denominado “Ver-Juzgar-Actuar”, de aplicación común en análisis sociológico. El R. P. Miguel Triana Uribe de la curia de Bogotá, Colombia, aplica esta dinámica dialéctica en sus movimientos ACMI y AJAM.

⁷ Se refiere a las décadas de 1870 a 1890.

fin. Bajo la teoría reinante, se dirigía el estímulo a encontrar hechos para inducir y demostrar, mientras que la hipótesis es un medio para desarrollar más pronto los hechos y sus relaciones.

Como se aprecia, la distinción no impide que la hipótesis de trabajo se transforme fácilmente en una teoría reinante. El afecto puede igualmente adherirse a un amado hijo intelectual llamado hipótesis o teoría, y en ambos casos puede llegar a convertirse en una pasión reinante. Sin embargo, los antecedentes históricos y el ambiente moral relacionados con la hipótesis de trabajo ayudaron a preservar su identidad.

Seguido a conciencia, el método de la hipótesis de trabajo es un avance incalculable sobre el método de la teoría reinante; pero tiene algunos defectos serios. Uno de estos toma forma concreta, como se acaba de anotar, en la facilidad con que la hipótesis se vuelve idea controladora. Para evitar tan grave peligro, se sugiere aplicar el método de las múltiples hipótesis de trabajo. Difiere de la simple hipótesis de trabajo en que distribuye el esfuerzo y divide los afectos. En alguna medida está protegido de los defectos radicales de los otros dos métodos. Al desarrollar las hipótesis múltiples, se centra el esfuerzo en sacar a luz toda explicación racional del fenómeno en cuestión; y en elaborar cada una que se relacione con su naturaleza, causa u origen; y en darle a todas, de la manera más imparcial que sea posible, una forma operativa y un lugar adecuado dentro de la investigación. El investigador apadrina por igual a toda la familia de hipótesis; y por su relación parental, está moralmente impedido para adherir sus afectos exclusivamente sobre alguna. Por la naturaleza misma de la relación, se balancea el peligro que nace del afecto.

Cuando algunas de las hipótesis se han propuesto y usado con anterioridad, mientras que otras son creación del investigador, surge una dificultad natural, pero el uso correcto del método demanda la adopción imparcial de todas las hipótesis en la familia de trabajo. Desde el comienzo, el investigador se coloca en cordial simpatía y en paternidad (por adopción, si no por autoría), con cada hipótesis que se aplica al caso de estudio. Habiendo neutralizado todo lo posible la parcialidad de su naturaleza emocional, procede su investigación con natural y forzada rectitud. Sabe que algunos de sus hijos intelectuales (por nacimiento o adopción) deben morir antes de llegar a la madurez; mantiene sin embargo la esperanza de que algunos de ellos sobrevivan los avatares de la investigación, porque suele suceder que al final se unen varias ideas para explicar la producción del fenómeno⁸. A veces hay que dividir honores entre hipótesis.

Una de las ventajas de usar múltiples hipótesis para trabajar radica allí. Al seguir una sólo hipótesis la mente se inclina a presumir que debe buscar un sólo concepto que dé explicación al fenómeno. Pero una explicación adecuada generalmente involucra a varias causas. Esto es especialmente cierto cuando el tema de investigación incluye una clase de fenómenos complejos asociados naturalmente, pero no necesariamente del mismo origen y tipo, como por ejemplo los complejos del basamento o material pliocénico transportado. Varios agentes pueden participar, en proporción e importancia que varían de lugar a lugar dentro del mismo campo. Por lo tanto, la explicación verdadera necesariamente es compleja, y los elementos de ese complejo siempre están cambiando⁹. El método de las múltiples hipótesis de trabajo contempla y alienta estas explicaciones distributivas de fenómenos; constituye una de sus principales fortalezas.

Por múltiples razones, tendemos a dar causas singulares a los fenómenos que observamos. Naturalmente, cuando hallamos un agente efectivo que produce un fenómeno dado, estamos predispuestos a satisfacernos con esa explicación. Por lo tanto, nos dejamos llevar fácilmente a detenernos antes de obtener todos los resultados, a veces sin llegar a los factores importantes del asunto. El factor que hallamos puede que no sea el dominante, mucho menos la gama de agentes que se complementan para producir el fenómeno total bajo estudio.

La antigua pregunta sobre el origen de la cuenca de los Grandes Lagos¹⁰ sirve como ejemplo. Han surgido tantas hipótesis para el fenómeno como estudiosos del problema. Todas se han sustentado con fuerza y sobre una gran base de hechos. Estamos tentados de seguir a muchos de los diversos

⁸ En algunas ocasiones sucede que todas las hipótesis originales sucumben al escrutinio, y surgen nuevas hipótesis de los restos de las primeras.

⁹ Varían en dirección, magnitud, tiempo y espacio.

¹⁰ Chamberlin se refiere al origen de los Grandes Lagos de Norteamérica. Para la mayoría de los lectores ajenos a esas latitudes, no tiene mucha relevancia la explicación. Sin embargo se conserva por su carácter didáctico.

estudiosos, porque hasta cierto punto todas sus explicaciones son “lógicas”. Es prácticamente demostrable que las cuencas fueron valles fluviales antes de la incursión glacial. Es igualmente demostrable que los desagües fueron bloqueados. Debemos concluir que las actuales cuencas deben su origen a la pre-existencia de valles fluviales y al bloqueo de los desagües por material movido. La historia del asunto demuestra que hay una tentación para quedarse en eso. Pero por otro lado, también se puede demostrar que las cuencas fueron ocupadas por grandes cuerpos de hielo y que fueron importantes canales para el desplazamiento glacial. Se encuentra que mucho material fue extraído del fondo y esparcido por los glaciares. Tampoco podemos refutar la doctrina que las cuencas deben algo a excavación glacial. Más aún, se ha argumentado que la corteza de la tierra bajo las cuencas fue hundida por el peso del hielo y contraída por la baja temperatura y que las cuencas deben algo a deformación cortical. Esta tercera causa explica varios factores que no explican bien las anteriores. Se duda si tan sólo las tres causas anteriores combinadas fueron suficientes para producir las grandes depresiones. Por lo menos estamos seguros que la medida de participación de cada una de las causas debe determinarse antes de llegar a dilucidar el problema satisfactoriamente. Una solución completa, debe por lo tanto involucrar no sólo el reconocimiento de participación múltiple sino también estimar la medida y el modo de cada participación. Para esto, se requiere la aplicación simultánea de una gama de hipótesis múltiples de trabajo. El método de la hipótesis de trabajo o de la teoría reinante no sirven...¹¹

En la Cordillera de Los Andes existe un fenómeno bastante complejo, de carácter continental que ha puesto a pensar a muchos geólogos durante más de cincuenta años. Se trata de las cuencas sedimentarias del Pérmico superior, Triásico y Jurásico. Desde Venezuela hasta la Argentina se observan unas cuencas alargadas, de corta extensión longitudinal, conformadas por una secuencia general de capas rojas continentales de grano grueso, luego evaporitas, plataformas de carbonatos y sedimentos marinos, seguidas por una gruesa secuencia de rocas volcánicas. Toda la serie de rocas reposa discordantemente sobre metamorfitas o sedimentos paleozóicos. A su vez está cubierta discordantemente por una secuencia de siliciclásticos continentales-marinos-continentales. Al armar el rompecabezas de las rocas de esta secuencia litológica en la cordillera, se ven grandes similitudes entre las unidades venezolanas, colombianas, ecuatorianas, bolivianas, peruanas, chilenas y argentinas. En todos los casos hay evidencias de una distensión cortical importante, con efusión de magmas del manto superior, abombamiento y calentamiento de la corteza, formación de cuencas aulacógenas, depositación de molasas rojas, progresivo enfriamiento de la burbuja térmica con hundimiento de la cuenca e ingresión del mar y depositación de carbonatos en cuencas de plataforma. Luego de ese evento se presenta intenso volcanismo y magmatismo paralelo de tipo calco-alcalino. Hay numerosos yacimientos minerales asociados con el macro-evento descrito. El fenómeno es de carácter global, puesto que hay evidencias de tectonismo y secuencias sedimentarias correlacionables en Europa, Asia y Africa.

A lo largo de los años muchos geólogos de diversas nacionalidades han ido observando sus porciones del rompecabezas y con base en hipótesis múltiples de trabajo han ido develando la razón de ser de estas curiosas secuencias de rocas. Hasta el advenimiento de la tectónica de placas pocas explicaciones para las cuencas del Pérmico superior-Triásico-Jurásico en Suramérica tenían lógica. Los investigadores alemanes que desde comienzos del siglo XX conocían tectónica de rift en los valles alemanes y su magmatismo relacionado, ofrecían interpretaciones según su experiencia. Muchos norteamericanos no conocían el fenómeno. A finales del siglo XX, investigadores como Mojica, Sempere y otros realizaron extensivo trabajo de detalle en el campo, tuvieron a su alcance mucha información y aplicaron bien el método de las múltiples hipótesis de trabajo para llegar a las conclusiones de magnitud continental descritas en el párrafo anterior.

Un mérito especial de usar toda una gama de hipótesis de manera coordinada es que implica mayor seriedad en la investigación. El valor de las múltiples hipótesis de trabajo radica principalmente en que da importancia a fenómenos que de otra manera carecerían de sentido y en las nuevas líneas de investigación que generan las sugerencias paralelas. Hechos que son triviales en sí mismos salen a la luz por su relación con las hipótesis y por las inquietudes que surgen al verificar/negar cada hipótesis. La

¹¹ Yo viví durante año y medio a orillas del Lago Ontario y también me inquietó el origen de estas cuencas intracontinentales. A comienzos del año 2000 las ideas coinciden en que los Grandes Lagos de Norteamérica deben su origen a cuencas de rift abortadas o “aulacógenas”. Al hallarse en una porción relativamente estable del Cratón Norteamericano, la columna de sedimentos que rellenó las cuencas aulacógenas no sufrió diagénesis importante. Los fenómenos de glaciación sirvieron para vaciar los depósitos clásticos que casi colmataban las cuencas. El profundo Lago Baikal en el norte del Asia tiene un origen similar. En el caso de los Grandes Lagos norteamericanos se vé que con nuevas tecnologías y conocimientos se pueden re-evaluar las observaciones geológicas para llegar a sorprendentes conclusiones.

fenomenal influencia que ejerce la hipótesis darwiniana sobre las investigaciones en las últimas dos décadas¹² es un ejemplo monumental. Pero aunque una simple hipótesis de trabajo puede guiar investigación muy efectivamente en una ruta determinada, puede por ese mismo hecho invitar a desechar otras rutas igualmente importantes. Con seguridad muchos biólogos estarían dispuestos a citar la hipótesis de la selección natural como un ejemplo de lo anterior, aunque su trascendencia para bien haya sido tan grande. Mientras que en algunos aspectos se promueve la investigación, la falta de balance e integridad produce resultados asimétricos e imperfectos. Pero si por el contrario, todas las hipótesis que se relacionan con un tema se trabajan coordinadamente, los resultados esperados serán uniformidad, entereza y simetría en la verdadera naturaleza del caso.

Seguir lealmente el método de las hipótesis múltiples de trabajo durante un período de años lleva a ciertos distintivos hábitos de pensamiento, que merecen más que la mención rápida que aquí se les da. Como factor educativo, el valor disciplinario del método es uno de suma importancia. Cuando se persevera en el método durante un tiempo suficiente, desarrolla una forma de pensar única que puede designarse como el hábito del pensamiento paralelo, o de pensamiento complejo. Va en contrapunto con el pensamiento lineal que se cultiva en el lenguaje y las matemáticas, porque sus modos son lineales y sucesivos. El procedimiento es complejo; por lo general presenta complejidad simultánea. La mente parece estar dotada de una visión simultánea desde diferentes puntos de vista. Parece adquirir la habilidad para ver los fenómenos analítica y sintéticamente al mismo tiempo. No dista mucho del procedimiento intelectual de evaluar un paisaje. Desde cada cuadrante de la vasta área del paisaje llegan a la mente miles de líneas de inteligencia potencial que son recibidas y coordinadas simultáneamente, produciendo una impresión compleja que se registra y estudia directamente en su complejidad. Para delinear el paisaje con el lenguaje, debe separarse en partes, y describirse en sucesión lineal.

Por encima del valor de poder pensar en complejos, existe una desventaja inevitable. Es obvio, luego de cierto estudio, que el método de pensamiento paralelo o complejo no puede registrarse por escrito directa e inmediatamente mientras tiene lugar. No podemos poner en palabras más que una porción del pensamiento a la vez, y aún en ese orden de expresión, debemos conformarnos con las idiosincrasias del lenguaje. La tasa de registro de información debe ser incalculablemente más lenta que el proceso mental¹³. Cuando no está bien desarrollado el hábito del pensamiento complejo usualmente hay una línea de pensamiento que lleva la delantera y las demás son secundarias. Seguir en palabras la línea principal de pensamiento no presenta dificultades serias. Pero cuando el método de pensamiento simultáneo por diferentes líneas está tan desarrollado que los pensamientos que corren por diversos canales son casi equivalentes, se presentan conflictos al escoger cuáles deben presentarse verbalmente y surge un intento por desistir de hacerlo. Más aún, la imposibilidad de expresar la operación mental en palabras conlleva al desuso del proceso mental silencioso; por lo tanto, las palabras y pensamientos pierden esa asociación cercana a la que por costumbre mantienen aquellos temas cuyos pensamientos silenciosos y verbales corren predominantemente de manera lineal. Entonces se presenta una predisposición a ser taciturnos en los que practican el método de las múltiples hipótesis de trabajo. El remedio obvio yace en trabajo literario coordinado.

Otra infeliz consecuencia se presenta cuando estudiantes jóvenes aplican el método. Es mucho más sencillo, y aparentemente en general de mayor interés, que aquellos con poco entrenamiento y madurez tiendan a aceptar una interpretación simple o una historia singular y a darle aplicación generalizada, que a reconocer varios factores concurrentes y a evaluarlos como normalmente exige una verdadera investigación. Retomando el ejemplo del problema de los Grandes Lagos, es más del gusto inmaduro aprender que las cuencas fueron excavadas por el enorme poder de los grandes glaciares, que concebir que tres o más agentes trabajaron en parte sucesivamente y en parte simultáneamente y para intentar estimar la fracción del resultado final que fue producido por cada uno de esos agentes. Lo complejo y cuantitativo no fascina al estudiante joven tanto como al veterano.

Los estudios de un geólogo son particularmente complejos. Es raro que enfrente un simple fenómeno unitario, explicable por una causa sencilla. Aunque puede serlo en una circunstancia determinada, o en

¹² Chamberlin se refiere a las décadas de 1870 a 1890.

¹³ Yo encontré esto en la década de 1980, y antes de que las computadoras fuesen de uso común, utilizaba grabadoras de audio y máquinas de escribir para consignar mis ideas sin perder tanto el hilo. Ahora existen grabadoras digitales... Aún con esas ayudas, no es fácil expresar enteramente los pensamientos complejos y la idea entera rara vez se consigue concretar en palabras.

una etapa dada del trabajo, el tema seguramente gradará a cierta complejidad o sufrirá transiciones si se estudia a mayor escala. El geólogo debe estar alerta para ver mutaciones, y para el ingreso sorpresivo de factores nuevos. Por lo tanto, si existen ventajas en cualquier campo para estar armado con todo un pannelo de hipótesis de trabajo y usarlas habitualmente, sin duda es en el campo del geólogo.

5. Conclusiones

La naturaleza nunca acaba de sorprendernos. Y si observamos detenidamente, no pasa un solo día sin que aprendamos algo, sin que descubramos nuevas cosas.

Es preciso pensar independientemente, con criterio propio, sin tomar en cuentas las modas, o el “tamaño del sombrero” del que dijo tal o cuál cosa antes. Ese otro pensador, por muy buen criterio que tenga y por muy bien intencionado que fuese su trabajo, pudo haberse equivocado. Probablemente sólo observó una porción del elefante como en el cuento de los sabios ciegos de Indostán.

Los pensadores tenemos una tendencia a favorecer conceptos ideados por nosotros mismos. Se produce así una especie de “amor paternal” y orgullo que forma un prejuicio en favor de las ideas de nuestra autoría, por encima de las de otros semejantes. En ocasiones esto llega al punto de taparnos los ojos, nos impide hacer observaciones imparciales de la realidad y termina frustrando nuestro anhelo de pensamiento científico.

Si aplicamos eficientemente el método de las hipótesis múltiples de trabajo podremos sacarle el máximo provecho a nuestra experiencia como geólogos y daremos valor agregado a todo el terreno que pisemos.

Referencias Citadas en el Texto

CHAMBERLIN, TC [1897] “The Method of Multiple Working Hypotheses”, originalmente en *Journal of Geology*, v. V, pp. 837-848, re-editado en MATHER, KF & MASON, SL, [1939] *A Source Book in Geology* [1939] 1a. ed., McGraw-Hill Book Company Inc., pp. 604-612.

Mojica, J, Kammer, A & Ujueta, G [1996] “El Jurásico del Sector Noroccidental de Suramérica y Guía de la Excursión al Valle Superior del Magdalena (Nov. 1-4/95), Regiones de Payandé y Prado, Departamento del Tolima, Colombia”, *Geología Colombiana*, 21, pp. 3-40.

Sempere, T, Carlier, G, Soler, P, Fornari, M, Carlotto, V, Jacay, J, Arispe, O, Néraudeau, D, Cárdenas, J, Rosas, S & Jiménez, N [2002 en prensa] “Late Permian-Middle Jurassic Lithospheric Thinning in Perú and Bolivia, and its Bearing on Andean-Age Tectonics”, *Tectonophysics*.

Viña del Mar, Chile, Abril 8 del 2002