

Aspectos científico-metodológicos en el enfoque de las investigaciones metalogénicas. Un ejemplo: Isla de la Juventud*

**Manuel E. PARDO ECHARTE

RESUMEN. *En la búsqueda de una integridad mayor del análisis metalogénico, se propone un enfoque científico general complejo de las investigaciones, que conjuga racionalmente los enfoques inductivo y sistémico, y los complementa con los métodos de modelaje, y cibernético-informativo de pronóstico. Como principios rectores de esta dirección, se parte de los postulados de la escuela soviética de metalogenia, para elaborar un esquema del enfoque en cuestión. Por último, se describe brevemente su aplicación al estudio de la metalogenia endógena en el macizo de la Isla de la Juventud.*

INTRODUCCIÓN

Los estudios regionales de pronóstico metalogénico, resumen las investigaciones de muchas disciplinas geológicas en diferentes etapas; de ahí que el aspecto metodológico primordial al enfocar el análisis metalogénico sea el problema de su integridad (Tijomirov, 1984), es decir, qué información resulta necesaria, y como utilizarla en forma suficientemente correcta, para la consecución de los objetivos propuestos. En la actualidad este problema se aborda desde dos enfoques distintos: el sistémico (escuela soviética) y el inductivo o elementalista (escuela francesa). Las bases de estos enfoques se resumen en las proposi-

ciones de los respectivos científicos Bilibin y Routhier (Vanecek, 1982):

— Los procesos de mineralización pueden y deben estudiarse sólo en su desarrollo histórico y en la más íntima interrelación con todos los demás aspectos del proceso del desarrollo geológico de la corteza terrestre.

— Primero es necesario establecer las leyes de distribución de los yacimientos, y sobre

*Manuscrito aprobado en julio de 1987.

**Instituto de Geología y Paleontología del Ministerio de la Industria Básica.

esta base crear la hipótesis metalogénica, y no proceder al contrario.

Los éxitos alcanzados en los últimos decenios por ambas escuelas en el descubrimiento de nuevos e importantes depósitos, incluso dentro de territorios "bien" estudiados, justifican la proposición de abordar las investigaciones metalogénicas con un enfoque científico-general complejo.

El presente trabajo, en su propósito de mostrar un nuevo camino para la solución

del problema de la integridad en el análisis metalogénico, y, en particular, en lo relativo al uso de la información, propone un esquema de enfoque complejo: inductivo-modélico - modélico-sistémico - cibernético-informativo de pronóstico, y describe brevemente su aplicación al estudio de la metalogenia endógena en el macizo metamórfico de la Isla de la Juventud.

ASPECTOS GENERALES SOBRE LOS ENFOQUES SISTÉMICO E INDUCTIVO (ELEMENTALISTA)

El enfoque sistémico (Ursul *et al.*, 1985), como método científico general de investigación, se aplica en la actualidad de forma creciente en las más diversas esferas del saber, aun cuando todavía no constituye un medio cognoscitivo totalmente acabado. Este se basa en el llamado principio sistémico, según el cual se establecen, en primer lugar, los parámetros del sistema, y se da su definición, para aplicarlo después al objeto de estudio. En el enfoque sistémico es característico el movimiento que va del sistema a los componentes (elementos), debido a que, desde este punto de vista, se excluye la idea de que las propiedades de los elementos condicionan íntegramente las propiedades del sistema. En general, todos los objetos que se consideran sistémicos se pueden examinar atendiendo a tres características básicas: el aspecto cualitativo de sus componentes (elementos) las características cuantitativas y las características estructurales. Ninguno de los tres aspectos de estudio mencionados puede ni debe separarse en forma absoluta. Por ejemplo, el análisis cuantitativo exige una clara comprensión de la diferenciación, no sólo cualitativa, sino también estructural, aun cuando éste se realiza con

frecuencia en forma intuitiva. Al examinar las características estructurales de los objetos, el enfoque sistémico se interrelaciona estrechamente con el estructural. Este último permite pasar de los criterios cualitativos a los abstractos (lógico-formales), por lo que se convierte en el método fundamental para estudiar la interacción de un número grande de magnitudes (variables).

El enfoque sistémico-estructural (Ursul *et al.*, 1985) se aplica en las ciencias que han alcanzado un elevado grado de objetividad y/o de racionalidad, puesto que elimina, en gran medida, las indicaciones intuitivas y las concepciones subjetivas. En el resto de las ciencias que aspiran a ser exactas (incluimos la geología), éste actúa sólo como un modelo, y en nuestra opinión no debe considerarse como absoluto. No debe olvidarse que aunque lo sistémico se opone a lo dividido en partes, es decir, al elemento, sin embargo, lo presupone, y no puede prescindir de las partes ni de los elementos.

Por otra parte, el enfoque inductivo (elementalista; Ursul *et al.*, 1985) presupone que el conocimiento del objeto parte de la búsqueda y el establecimiento de los ele-

mentos primarios que lo constituyen y determinan, considerando que sólo en el análisis de éstos se pueden encontrar las características fundamentales del objeto. En este enfoque, el problema de la integridad de lo complejo se resuelve con la reducción de lo complejo a lo simple, del todo a la parte; de ahí, que haya recibido la denominación de "reduccionista". En este enfoque (la hiperbolización del papel de lo "elemental"), la visión unilateral de este aspecto proyecta el potencial de investigación de la ciencia por canales muy estrechos, por lo que el carácter de absoluto carece de todo sentido. No obstante, resulta necesario reconocer sus grandes méritos, los cuales han determinado que gran parte

de los descubrimientos de la ciencia se hayan llevado a cabo con su concurso:

— La forma de abordar el estudio de un objeto complejo, consiste en la descomposición de sus partes integrantes, el análisis por separado de estas partes, y la síntesis de las mismas, para descubrir las leyes que vinculan las partes con el todo.

— El proceso anterior permite, en ocasiones, encontrar los elementos comunes a fenómenos diferentes, incluso tratándose de objetos de distintas ciencias.

A pesar de los cambios ocurridos en la ciencia, el enfoque inductivo no ha agotado aún sus posibilidades, y sigue cumpliendo, en cooperación con los nuevos métodos científicos generales, una importante función cognoscitiva.

ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El empleo de un determinado enfoque complejo, supone la aplicación secuencial de un conjunto de métodos científico-generales, que materializan la realización de los principios correspondientes a este enfoque.

En el presente trabajo se propone el esquema de enfoque complejo siguiente: inductivo-modélico - modélico-sistémico - cibernético-informativo de pronóstico (Fig. 1).

Al aplicar el método inductivo-modélico para el establecimiento de una hipótesis de trabajo, el objeto de estudio complejo se examina, por separado, en sus partes integrantes mediante el análisis de un conjunto de índices informativos. La selección de los índices y métodos de análisis se realiza empíricamente por vía inductivo-analógica-heurística, y en los casos posibles, se fundamenta experimentalmente. En el completamiento de esta hipótesis se aplica el método modélico-sistémico, el cual, mediante la inducción y la analogía permite

la revelación de importantes vínculos entre los datos primarios y la elaboración de valiosas generalizaciones sistémicas. La hipótesis general del trabajo resultante, sirve de medio heurístico para el acercamiento aproximado a la realidad geológica. En este proceso se aplica el método cibernético-informativo de pronóstico con el fin de incrementar la información sobre el objeto de estudio y de optimizar la dirección de las futuras investigaciones. El análisis lógico-formal del modelo matemático informativo (diseñado en correspondencia con el modelo hipotético elaborado) se realiza con la utilización de métodos de la Teoría de las Probabilidades y de la Teoría de la Información. Tanto los índices como el método de pronóstico elegidos, se fundamentan experimentalmente. Los resultados de esta etapa permiten descubrir nuevos vínculos entre las partes integrantes del objeto de estudio, a la vez que sirven, en gran medida, para la comprobación de la

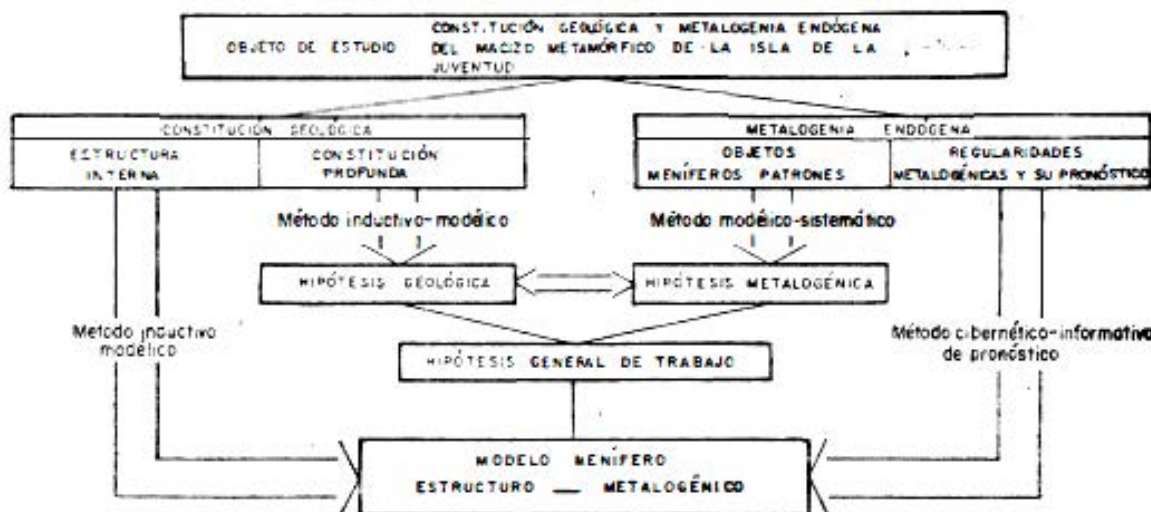


Fig. 1. Esquema del enfoque científico-general complejo de la investigación.

justeza de la hipótesis general de trabajo, ahora más completa.

En la aplicación del enfoque planteado al análisis estructuro-metalogénico en la región del macizo de la Isla de la Juventud, el objeto de estudio complejo: la constitución geológica y la metalogenia endógena del citado macizo, se dividen en partes para su estudio:

A. Constitución geológica.

- Constitución profunda.
- Estructura interna.

B. Metalogenia endógena.

- Objetos meníferos patrones.
- Regularidades metalogénicas y su pronóstico.

En la búsqueda de una hipótesis de trabajo que vinculara aspectos de la constitución y de la evolución geológica del territorio, con el origen de la mineralización metálica endógena se analizan los datos geofísicos y geomorfológicos regionales mediante un complejo de métodos que considera: la transformación de los campos originales y su regionalización; el análisis de alineamientos, y la cartografía geofísica-

morfo-estructural (Pardo, *et al.*), en prensa e). La argumentación de los índices y métodos utilizados se realiza de modo empírico, y en algunos casos, experimental. Los resultados de este análisis dan pie, por una parte, para la elaboración de una hipótesis sobre la constitución profunda de la región, con la cual se vincula supuestamente la metalogenia endógena ácida de la región. Por otra, estos resultados sirven para la elaboración de la base geológico-estructural del mapa de pronóstico.

La aplicación del método modélico-sistémico permite, por una parte, sobre la base de la hipótesis geológica de trabajo planteada, elaborar el consiguiente proyecto de hipótesis metalogénica. En este proceso se analiza la información geológica, geofísica, geoquímica y geomorfológica disponible, en los objetos tomados como patrones meníferos, partiendo de la aplicación del modelaje físico-geológico (Pardo, en prensa a). Sus resultados, unidos a los de la etapa anterior constituyen el punto de partida para la elaboración de diversas generalizaciones sistémicas. Estas generalizaciones se

resumen en un modelo geólogo-geofísico para la explicación de la mineralización metálica endógena de la región: el proyecto de hipótesis metalogénica.

Por otra parte, los resultados de la aplicación del método modélico-sistémico sirven para la correcta argumentación de los objetivos e índices del pronóstico, además de cumplimentar determinadas tareas de carácter predictivo, en el área de los objetos patrones.

El completamiento y la validación de la hipótesis general de trabajo (geológico-metalogénica) así elaborada, se logra con la aplicación del método cibernético-informativo de pronóstico. En él se utilizan mé-

todos de la Teoría de las Probabilidades y de la Teoría de la Información, en el establecimiento de las regularidades metalogénicas, y tanto el conjunto de índices como el método de pronóstico empleado, se argumentan experimentalmente, en el área de los depósitos conocidos (Pardo y Díaz, en prensa *c*). Los resultados del pronóstico, revelan además, con bastante claridad el vínculo existente entre las distintas partes del objeto de estudio, y validan en gran medida, la hipótesis de la investigación (Pardo, en prensa *b*), la cual propone un nuevo modelo menífero estructuro-metalogénico para la región de estudio.

DISCUSIÓN

En la búsqueda de una integridad mayor del análisis metalogénico, el enfoque propuesto conjuga racionalmente los métodos sistémico e inductivo, y los complementa con el modélico y el cibernético-informativo de pronóstico. Como principio rector del esquema seguido (Fig. 1), se parte del postulado acerca de la posibilidad y necesidad del estudio de los procesos de mineralización en la más estrecha interrelación con todos los demás aspectos del desarrollo geológico de la región, cuestión que redundará en una mayor objetividad y coherencia del proceso investigativo. En este proceso, los resultados de cada etapa sirven de base argumentada para la etapa subsiguiente, aportándose en cada una, nuevos elementos al completamiento progresivo de la hipótesis general de trabajo.

A diferencia del enfoque sistémico-estructural (Tijomirov, 1984) —donde el vínculo de las regiones meníferas estructuro-mineragénicas con las distintas etapas del desarrollo de los grandes elementos geotectónicos se establece en la leyenda de la base formacional del mapa de pronóstico— en el enfoque presentado, esta información se obtiene argumentadamente como un resultado del propio proceso investigativo.

Finalmente, la presentación del nuevo enfoque propuesto pretende cumplimentar con la indicación de Scheglov (Tijomirov, 1984), en cuanto al carácter creativo y desprovisto de normas del análisis mineragénico, cuya base radica siempre en la integridad y objetividad del proceso investigativo seguido.

REFERENCIAS

- Pardo, M. E. [en prensa a]: "El uso del modelaje físico-geológico en el pronóstico de minerales sólidos. Un ejemplo: Isla de la Juventud", Editorial Academia, La Habana.
- [en prensa b]: "Regularidades de la metalogenia endógena y su pronóstico en el macizo metamórfico de la Isla de la Juventud", Editorial Academia, La Habana.
- Pardo, M. E. y M. Díaz [en prensa c]: "Métodos cuantitativos de pronóstico aplicados a las investigaciones metalogénicas. Un ejemplo: Isla de la Juventud", Editorial Academia, La Habana.
- Pardo, M. E. y M. A. García [en prensa d]: "Tratamiento numérico de los fotoalineamientos en el estudio de la estructura geológica de la Isla de la Juventud", Serie Geológica CIG, La Habana.
- Pardo, M. E., *et al.* [en prensa e]: "Nuevos datos sobre la estructura geológica de la Isla de la Juventud en base a la interpretación de los datos geofísicos y geomorfológicos; constitución profunda del macizo metamórfico", Serie Geológica CIG, La Habana.
- Pardo, M. E., *et al.* [en prensa f]: "Nuevos datos sobre la estructura geológica de la Isla de la Juventud en base a la interpretación de los datos geofísicos y geomorfológicos; estructura interna del macizo metamórfico", Serie Geológica CIG, La Habana.
- Tijomirov, I. N. (1984): "Los mapas mineragénicos de pronóstico y los principios de confección" [inédito], conferencia, CIG, MINBAS, La Habana.
- Ursul, D. A., *et al.* (1985): *La dialéctica y los métodos científicos generales de investigación*. Filosofía, Ciencias Sociales, La Habana, tomos 1 y 2, 384 pp. y 439 pp.
- Vanecek, N. (1982): "Concepciones metalogénicas y pronóstico de los yacimientos de materias primas minerales" [inédito], conferencia, ISP-JAE, MES, La Habana.

Ciencias de la Tierra y del Espacio, 18, 1990

SCIENTIFIC-METHODOLOGICAL TOPICS IN METALLOGENIC RESEARCH APPROACH AN EXAMPLE: ISLA DE LA JUVENTUD, CUBA

Manuel E. PARDO ECHARTE

ABSTRACT. *In the search of a greater integrity on metallogenical analysis, a complex general scientific approach is proposed, which rationally conjugate the inductive and sistemic ones, and complements them with the modeling, and cibernetic-informative of prognosis methods. As rector principles of this direction, it starts from the soviet metallogenical school postulates, to draw up an scheme of the concerning approach. Finally, its application to the endogenic metallogeny study at Isla de la Juventud massif is briefly described.*