

# REFLEXIONES EPISTEMOLÓGICAS SOBRE EL CAMBIO DE MODELO GENÉTICO PARA LOS ÓNICES CALCÁREOS

Hector L. LACREU

Departamento de Geología, Universidad Nacional de San Luis. Av. Ej. De los Andes 950, (5700) San Luis  
E-mail: lacreu@unsl.edu.ar

## RESUMEN

Durante casi 100 años se sostuvo que la génesis de los ónices calcáreos respondía a un modelo singenético. El intento de aplicarlo en la práctica minera puso en evidencia su inviabilidad y la necesidad de reemplazarlo por otro de carácter epigenético. En el presente trabajo se analiza tanto los motivos del cambio de modelo, como las causas que llevaron a formular el primer modelo.

El modelo singenético se atribuye a un exceso de confianza y a la falta de vigilancia epistemológica en el uso de los clásicos principios geológicos de *superposición de estratos*, *horizontalidad original* y *continuidad lateral*. A su vez, dicho exceso se explica por la existencia de dos obstáculos epistemológicos denominados experiencia básica e interpretación natural.

El hallazgo de rasgos epigenéticos de la mineralización de ónice, condujo a la necesidad de proponer el cambio de modelo a través de un proceso que es motivo de reflexiones epistemológicas inspiradas fundamentalmente en la perspectiva kuhiana. En efecto, desde dicho enfoque los rasgos aludidos representan anomalías que promovieron una crisis a partir de la cual se definió un *enigma*. Posteriormente, se elaboró el modelo epigenético, y luego, las investigaciones volvieron a desarrollarse dentro de la denominada *ciencia normal*.

Se expone la influencia del cambio de modelo en las expectativas económicas de los yacimientos de ónice calcáreo y además, se demuestra la necesidad de cambiar las escalas de observación sobre un mismo objeto de estudio. También se destaca la importancia de realizar una vigilancia epistemológica para que las explicaciones alcanzadas en una escala de observación sean consistentes con las realizadas en otras escalas. Estos hábitos, son tan importantes como las observaciones mismas, para reducir razonablemente la subjetividad del investigador.

Se señala la importancia de la reflexión epistemológica acerca de la propia *práctica científica y profesional* y su consideración en la enseñanza de grado y posgrado a fin de contribuir a la formación de profesionales críticos y reflexivos.

Palabras clave: *Ónice calcáreo, modelo genético, epistemología, Kuhn, minería.*

**ABSTRACT:** *Epistemological reflections on the change of the genetic model for the calcareous onyx.* For almost 100 years the origin of calcareous onyx was explained by a syngenetic model. However, this model was ineffective when applied to mining and showed the need of another, epigenetic model. Argumentations for the first model and the reasons why ideas changed are analyzed here.

The syngenetic model is attributed to an excess of confidence and a lack of epistemological vigilance in the use of the classical geological principles about the strata superposition, original horizontal sedimentation and lateral extension of strata. Such excess could persist due to two epistemological obstacles, such as basic experience and natural interpretation.

The discovery of epigenetic characteristics of onyx mineralization made a change of model necessary. This change can be seen in the light of epistemological reflections which are basically inspired by kuhnian perspective. From this point of view, these characteristics are *anomalies* and promote a crisis, which in itself gives rise to an *enigma*. Later, when the epigenetic model was elaborated, the investigations were carried out again within the called normal science.

The influence of the change of model on the economical exploration and exploitation of calcareous deposits is discussed. This also demonstrates the need of changing observation scales on a same object of study. Also stand out the importance of carrying out an epistemologic vigilance so that the explanations reached in a scale of observation are consistent with them carried out in other scales. This habit is as important as the observations themselves in order to reduce the researcher's subjectivity.

The importance of epistemological reflection in owns *scientific and professional practice* and its significance for grade and post-grade studies are emphasized here. This is a condition for training future generations of critical and reflective professionals.

Keywords: *Calcareous onyx, genetic model, epistemology, Kuhn, mining.*

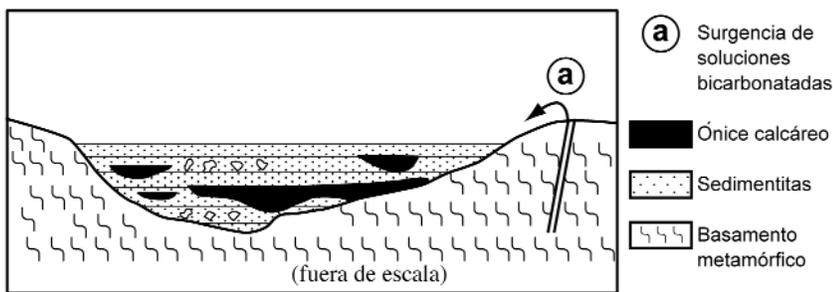
## INTRODUCCIÓN

Los enfoques positivistas sobre la práctica científica atribuyen un alto grado de objetividad a las interpretaciones realizadas a partir de las observaciones en general y en el caso que nos ocupa, éstas se refieren a las

realizadas por los geólogos en el campo. Dicho supuesto, formó parte de la formación que el autor recibió en la década de los '70 durante sus estudios de grado, durante la cual, además se empapó de cierta visión dogmática de la ciencia: los hechos observados en el campo deberían encuadrarse en

algunas de las teorías o explicaciones ya conocidas y además, que el método científico basado en observaciones neutrales era fuente de conocimiento verdadero y garantía de objetividad de las conclusiones resultantes

En este trabajo se dan a conocer las expe-



**Figura 1:** Cantera Santa Isabel (San Luis) esquema del modelo singenético seguido por Bodenbender (1903), Kittl (1932), Riggi (1946) y otros.

riencias del autor, durante los casi 10 años que trabajó en la empresa Verde Onix S.C.A. como geólogo minero, a cargo de la exploración y explotación de ónices calcáreos en las canteras Arita y Brach ubicadas en la Puna salteña (1977 a 1981) y en las canteras Santa Isabel y Córdoba (1980 a 1986), ubicadas en la provincia de San Luis. Durante los trabajos de exploración (perforaciones a diamantina con recuperación de testigos) previstos para las canteras de Salta, se fueron obteniendo resultados desalentadores desde el punto de vista económico debido a que no se pudo comprobar la supuesta continuidad lateral de los bancos mineralizados, argumento utilizado para vender y adquirir las canteras de Salta.

No obstante, el plan de perforaciones continuó durante un tiempo mientras se explotaban algunos frentes rentables y, simultáneamente, se iniciaron trabajos exploratorios en las canteras de la provincia de San Luis. Finalmente, se abandonaron las labores en Salta y se trasladaron los equipos a la provincia de San Luis donde la exploración y posterior evaluación tuvieron resultados altamente positivos.

Durante la realización de los trabajos de exploración y evaluación en Salta y San Luis el autor tuvo la oportunidad de advertir varios rasgos geológicos demostrativos de un proceso de mineralización epigenético y, luego de ofrecer alguna resistencia al cambio, llegó a la convicción de que debía rendirse ante las evidencias halladas y descartar el modelo singenético vigente desde fines del siglo XIX.

En el presente trabajo se desarrollan aspectos históricos sobre la evolución de uno y otro modelo genético y se analizan los argumentos geológicos utilizados para fundamentar cada uno de ellos. Además, se des-

arrollan reflexiones epistemológicas sobre la génesis de los argumentos que durante casi 100 años permitieron que en la Argentina se sostuviera el modelo singenético, pese a que ya existían algunas publicaciones (entonces desconocidas por el autor), que sugerían la epigénesis. Dichas reflexiones, se complementan con sugerencias didácticas con la finalidad de que la geología de estos yacimientos, la epistemología y la experiencia personal del autor (que hubo de cambiar con bastante dolor sus propias ideas), puedan servir para la enseñanza y el aprendizaje crítico de las prácticas científicas y la comprensión de sus derivaciones socio económicas.

## DOS MODELOS EN PUGNA

### EL MODELO SINGENÉTICO

#### Descripción

Hasta fines de la década del '70, el origen de los yacimientos de ónices calcáreos de las provincias de Salta y San Luis, Argentina, se explicaba mediante un modelo singenético, es decir que los mantos de ónice formaban parte de un ciclo sedimentario en el cual las rocas más antiguas eran las que quedaban por debajo y una vez formado el ónice calcáreo era cubierto por otros depósitos. Se consideraba que el ónice era el resultado de la precipitación química de calcita en el fondo de lagos permanentes o transitorios de diversa extensión, a partir de soluciones bicarbonatadas postvolcánicas. De este modo, se justificaba la formación de depósitos horizontales, concordantes con los estratos de las rocas sedimentarias y piroclásticas que los contienen.

Este modelo es compatible con el que explica las terrazas termales de Yellowstone,

con la cantera de Fervereido en Brasil (Cassedanne 1978) y con los depósitos de ónice de Tecali en México los cuales fueron descritos por Barcena (1874) y Ordoñez (1901, 1905), quienes mencionan la disposición del tecali formando mantos o costras frecuentemente asociadas a travertinos y también en forma de vetas rellenas por aguas descendentes, alojadas en rocas del basamento cristalino.

#### Desarrollo histórico

La mención más antigua que se conoce en Argentina se atribuye a Bodenbender (1903) quien se refiere a los yacimientos de San Luis indicando que la mineralización se vincula con aguas termales circulantes por la superficie, sincrónicamente con las erupciones andesíticas terciarias. Dichas soluciones "*han disuelto en su camino, calizas granudas arcaicas,.... precipitándose otra vez el carbonato de calcio en forma de onix*" Bodenbender (1903: 360-362), (Fig. 1).

Posteriormente Kittl (1932), apoyándose en el trabajo de Bodenbender (1903) realiza descripciones muy detalladas de la cantera Santa Isabel, incluyendo mapas y cortes, aportando nueva información sobre la génesis, la mineralogía y la composición química del ónice. Particularmente, menciona la presencia de tufitas (cenizas volcánicas) por debajo y por encima de los bancos de ónice (Fig. 2) y a éstos los vincula con soluciones pos-volcánicas terciarias.

Angelleli (1941), menciona los yacimientos de ónice de varias provincias argentinas (Jujuy, Salta, San Luis, Mendoza, etc.) y en todos los casos vincula su génesis con soluciones postvolcánicas que escurren superficialmente y rellenan depresiones donde precipita el carbonato de calcio.

#### Aciertos y errores

Se conocen dos trabajos en los que se mencionan anomalías, sin embargo no fueron empleadas para cuestionar al modelo singenético y tan sólo han quedado registradas como curiosidades.

En el primero de ellos (Riggi 1946), se refiere a una cantera de San Luis (Las Toscas) en la cual advierte la ausencia de vidrio volcánico en el seno de la masa de ónice. Esta

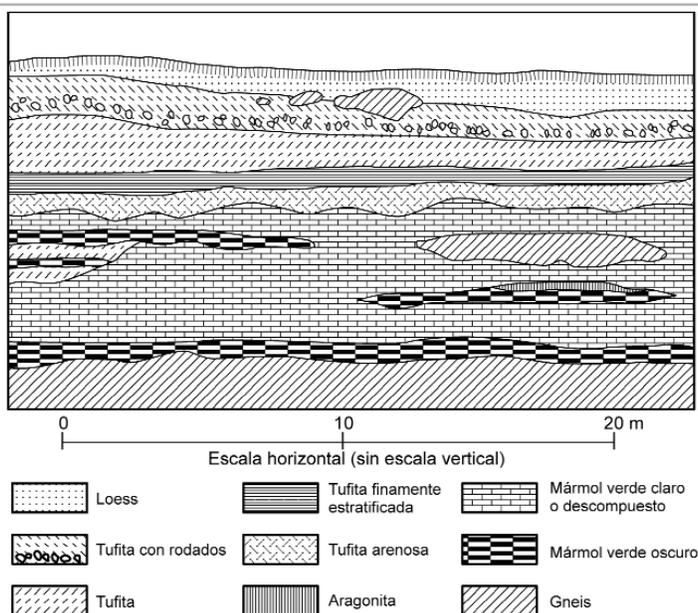


Figura 2: Reproducción de un perfil de la cantera Santa Isabel, a partir de Kittl (1932).

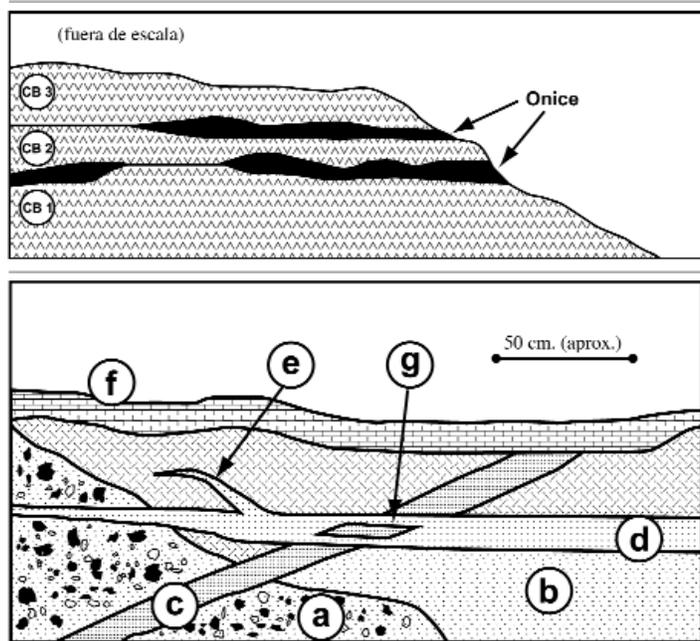


Figura 3: Canteras de Belucistán (Pakistán), a partir de Milocco (1977), CB: Colada Basáltica.

Figura 4: Relaciones discordantes entre las rocas sedimentarias y la mineralización de ónice.

ausencia no era justificable si las soluciones hubieran sido efectivamente posteriores al volcanismo como se sostenía. En efecto, de haber sido así tanto el agua como el viento hubiesen podido aportar cenizas volcánicas al ambiente en el que precipitaba el carbonato de calcio. En consecuencia, Riggi (1946) sugirió que las soluciones deberían haber sido pre-volcánicas explicando así, razonablemente, la ausencia de vidrio volcánico porque el carbonato ya habría estado cristalizado.

El segundo de los trabajos (Milocco 1977) corresponde a canteras de Pakistán en las que los mantos de ónice se encuentran entre diferentes coladas de lava (Fig. 3) pero advierte, con sorpresa, que la parte superior de los mantos de ónice calcáreo no poseen evidencias de las modificaciones térmicas que debería haber causado la lava caliente al cubrir dicho manto. En este caso, el autor no ensayó una explicación y se limitó a expresar que "ello es un verdadero rompecabezas desde el punto de vista científico" (*sic*).

## EL MODELO EPIGENÉTICO

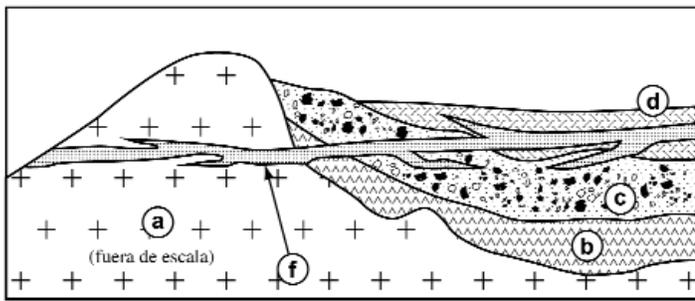
### Desarrollo histórico

Las primeras dificultades surgidas de la aplicación del modelo singenético, se pusieron en evidencia al diseñar y ejecutar una malla de perforaciones con una grilla de 15x15 y no hallar los mantos de ónice calcáreo que, supuestamente, debían poseer continuidad lateral. Sorprendentemente, a distancias de 10 m y menores aún, desaparecían bancos de ónice que en los frentes de cantera tenían 1,5 m de espesor. Dicha discontinuidad fue altamente preocupante, ya que la empresa había adquirido las canteras bajo el supuesto de la continuidad de los mantos, ahora esquivos, y sobre la base de una estimación de reservas potenciales, realizadas por otros profesionales.

Los trabajos de exploración y evaluación de los yacimientos de Salta y San Luis, y las dificultades antes mencionadas, promovieron la realización de observaciones detalladas en diferentes afloramientos, durante un tiempo prolongado (Lacrau 1978 y 1982). En virtud de ello, se descubrieron rasgos que indicaban la naturaleza epigenética de la mineralización, es decir que el ónice se formó por el relleno de fracturas en las rocas, en otras palabras: la precipitación del ónice fue posterior a la formación de las mismas. Sin embargo, aún no se contaba con un modelo que explicara satisfactoriamente el origen de los rasgos y el conjunto de relaciones que mantenían entre sí.

### Descripción

Los rasgos de epigénesis han sido esquematizados en las figuras 4 y 5, y representan una síntesis de los aspectos comunes hallados en las canteras de Salta y San Luis. La figura 4, muestra la presencia de diferentes rocas sedimentarias con superficies de contactos discordantes entre unas y otras (a/b) y en ocasiones concordantes (b/f). Dentro de estas rocas se alojan vetas inclinadas (c) y horizontales (d). Asimismo, se representa la presencia de una inclusión (g) que indica que la veta (c) ya se había formado cuando se produjo la fractura que luego fue rellenada por la segunda veta (d). Por otra parte, la segunda veta posee ramificaciones hacia el techo (e), lo cual indica



**Figura 5:** Mantos de ónice horizontales (f) alojados en rocas sedimentarias (b-c-d) y graníticas (a) en el caso de Salta (o metamórficas en el caso de San Luis).

que esa roca es preexistente.

Otro rasgo muy importante, presente tanto en Salta como en San Luis, es que las vetas horizontales de ónice, no sólo están alojadas en forma casi concordante con las rocas sedimentarias (y/o piroclásticas) sino que se prolongan en las rocas ígneas y metamórficas del basamento (Fig. 5) lo cual no puede recibir otra explicación que el ónice es posterior a las mismas ya que son rocas formadas en profundidad. Los mencionados rasgos, de carácter estructural, están acompañados por características texturales propias de las mineralizaciones producidas por rellenos de fisuras como por ejemplo: bandeamiento paralelo a los bordes, acículas cristalinas perpendiculares a dichos bordes, oquedades concentradas en la zona axial de los mantos, oquedades periformes invertidas, etc. (Lacreu 2000).

Finalmente, luego de analizar varias alternativas, se propuso un modelo epigenético para la cantera Santa Isabel de San Luis esquematizado en la figura 6, mediante el cual se explican los mecanismos a través de los cuales se produjeron las fracturas y el posterior relleno de las mismas por calcita u ónice calcáreo (Lacreu 2000).

En síntesis, los rasgos que contradecían fuerte e indubitablemente el carácter singenético de la mineralización son:

- 1) La presencia de mantos horizontales de ónice alojados en rocas ígneas o metamórficas, no admite una interpretación de tipo singenética.
- 2) La existencia de ramificaciones de las vetas cortando la estratificación de las sedimentitas infra y suprayacentes, demuestra la existencia previa de éstas.
- 3) La presencia de unas inclusiones de ónice, dentro de otros mantos de igual material sugiere que existen al menos dos generaciones de mineralización epigenética.
- 4) Las estructuras internas bandeadas de los

mantos, denotan la existencia de procesos de rellenos de fracturas, desde los bordes hacia el centro.

### Ventajas frente al modelo anterior

Desde el punto de vista teórico, el modelo epigenético postula que la mineralización de ónice es posterior a las rocas huésped. Así, se pueden explicar perfectamente los interrogantes o incompatibilidades señaladas oportuna y correctamente por Riggi (1946) y Milocco (1977), en relación con la ausencia de vidrio volcánico y la falta de metamorfismo de contacto, respectivamente. Por otra parte, este modelo justifica los rasgos estructurales y texturales antes mencionados y la presencia de mineralización en rocas de caja ígneo metamórficas.

Desde el punto de vista práctico, dicha teoría orienta adecuadamente los criterios de exploración y los cálculos de reservas, ya que advierte acerca de que la mineralización de ónice puede acuñarse y desaparecer bruscamente.

## EPISTEMOLOGÍA GEOLÓGICA

### Consideraciones previas

Resulta de interés aquí analizar por un lado la pertinencia y eficiencia de los mecanismos habituales de validación del conocimiento científico y por otro lado, los motivos por los que "fallaron" dichos mecanismos. La validación de los conocimientos científicos involucra la aceptación crítica de las propuestas por parte de la comunidad científica, en consecuencia cabe la pregunta: ¿por qué la comunidad científica ha sido ineficiente y validó un modelo incorrecto? Algunas respuestas podrían aludir a motivos tales como: temática poco común, escaso interés científico y/o económico, árbi-

tros inexpertos, etc. Sin embargo, ellas no parecen suficientes, en consecuencia merecen explorarse otras hipótesis: en ocasiones, los propios "rituales científicos" impiden una adecuada validación. En este sentido se señala que, en general, sólo se admiten papers que incluyen resultados positivos y demostrados cuantitativamente, conforme a criterios que suelen minusvalorar (y por ende desacreditar) todo complemento relacionado con resultados negativos, especulaciones cualitativas, relatos anecdóticos, comentarios sobre las incertidumbres o un texto que no haya sido redactado en tercera persona.

Dicha caracterización se enmarca en el análisis realizado Reichenbach, (en Klimovsky 1994: 29-30) y su propuesta para discriminar entre el *contexto de justificación* y el *contexto de descubrimiento*. Esta distinción permite comprender la complejidad involucrada en los procesos de construcción del conocimiento científico. Así, el primero de los contextos es el que resulta aceptado por la comunidad científica que adhiere a las propuestas del Círculo de Viena (Echeverría 1995: 51), cuyos filósofos entendían que las reflexiones epistemológicas debían concentrarse sólo en los resultados finales del proceso de comunicación de los conocimientos científicos.

Por tales motivos, las características socioculturales de una determinada región y época así como las situaciones personales acaecidas durante el proceso de construcción de conocimientos (sentimientos, fracasos, resultados inciertos, etc.), involucradas en el contexto de descubrimiento, son excluidas. En efecto, los seguidores del Círculo de Viena, desde principios del siglo XIX, consideran que dicho contexto debe ser analizado en el campo de los sociólogos e historiadores de la ciencia.

Siguiendo las ideas de Kuhn (1962), se considera muy valioso analizar la construcción de conocimientos científicos teniendo en cuenta la historia de las ideas científicas desde un punto de vista evolutivo y por ende, contextualizado en las condiciones que hacen posible (facilitan, dificultan o desvían) la construcción de dichos conocimientos. Por ello, no se considera conveniente fragmentar el complejo proceso de esa construcción y, por el contrario, se sostiene

que la comunidad científica se vería favorecida si tuviese en cuenta el contexto de descubrimiento tanto como el de justificación. Consecuentemente, las contribuciones que incluyen las temáticas referidas al contexto de descubrimiento facilitarían por un lado, el proceso de elaboración crítica y reflexiva por parte de los autores. Por otro lado, promoverían el surgimiento de indicadores de evaluación actualmente inaccesibles: alternativas consideradas, tiempo usado para el trabajo de campo y de gabinete, metodologías e hipótesis infructuosas, interés por el tema, escalas de trabajo más apropiadas, sugerencias rechazadas, etc.

Por otra parte, se contribuiría a la enseñanza y difusión de una producción científica más, socializada humanizada, sin pretensiones de infalibilidad y persistencia lo cual es un aspecto de fundamental importancia para la formación de futuros científicos. Estos podrían aprender que los eventuales errores son útiles para incentivar la imaginación de otros colegas, quienes podrían inspirarse para continuar con las mismas investigaciones en otro sentido y/o iniciar nuevas investigaciones. Estas formas de comunicación científica, contribuyen además a la construcción social de la ciencia y merece destacarse que estas ideas fueron expresadas por el eminente geólogo Karl Grove Gilbert en 1885, en el discurso presidencial ante la Sociedad Americana de Naturalistas en Boston y de cuyas palabras se destaca: "*estas consideraciones colocan el progreso del conocimiento delante de la gloria individual, pero son rechazadas por el egoísmo natural de hombres de pequeño calibre que no tienen ideas para diseminar. El secreto, en materia de ciencia, es frecuentemente una confesión de debilidad*" (Gilbert 1886, trad. libre)

La escritura de este trabajo surgió como una necesidad del autor de compartir las alternativas del complejo proceso que se desencadena cada vez que un científico encuentra que las teorías vigentes "no funcionan" y se propone, o necesita, de alguna teoría para responder a compromisos o desafíos de las prácticas científicas y/o profesionales. En general, dicho proceso involucra una relación crítica y reflexiva entre los investigadores y su práctica (Guyot 2004). Esas reflexiones muchas veces se circunscriben al propio ámbito disciplinar, sin embargo, a

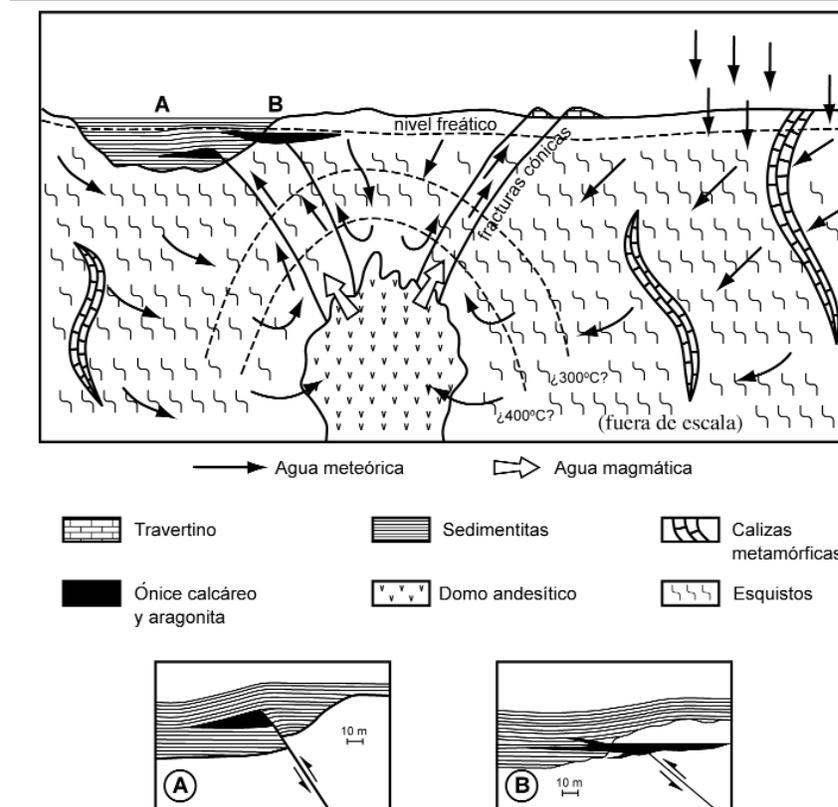


Figura 6: Modelo epigenético propuesto para la cantera Santa Isabel de San Luis (Lacreu 1993)

través de este trabajo se intenta acercar a la comunidad geológica los resultados de las reflexiones del autor, enriquecidas con el uso de herramientas epistemológicas.

Se alude a un complejo proceso, porque en la práctica profesional, además de la formación, experiencia e idoneidad, inevitablemente están presentes otros rasgos del sujeto tales como las sensaciones, sentimientos, ética, etc., que constituyen condicionamientos para el ejercicio profesional. Precisamente, el autor al poco tiempo de haberse recibido (3 años) hubo de confrontarse con la problemática aquí referida y experimentó sensaciones y sentimientos confusos y contradictorios que recién pudo comprender, y resolver, muchos años después, como se desprende de este trabajo.

Una de las sensaciones experimentadas, que luego se hizo evidente fue la resistencia al cambio, originada quizás en cierto apego emocional con el modelo singenético, muy arraigado en la literatura geológica y muy simple de ser explicado y comprendido. Otras sensaciones y emociones desagradables y confusas, fueron desencadenadas por la

orfandad teórica para argumentar racional y exhaustivamente la inexistencia de las reservas que justificaron la compra de los yacimientos. Esta situación se tornó difícil porque en esa época (año 1978), los propietarios mineros tenían otras expectativas.

### El proceso de cambio de un modelo genético

Las citas bibliográficas, descripciones, explicaciones e interpretaciones geológicas expuestas precedentemente muestran que durante casi 100 años se mantuvo una situación paradójica: la coexistencia de un modelo singenético con rasgos que lo contradecían y que estaban presentes en las diversas canteras analizadas. Esta paradoja podría explicarse fácilmente atribuyendo falta de idoneidad de los científicos involucrados, sin embargo ello constituiría un análisis superficial del problema. En efecto, es necesario hallar otros motivos ya que los rasgos epigenéticos descritos son tan obvios y evidentes, que tornan improbable adjudicar estos errores a meras distracciones.

A continuación, utilizando ideas y conceptos de varios epistemólogos, el autor reflexiona y desarrolla explicaciones que permiten comprender tanto los motivos de la citada paradoja, como el proceso seguido para reemplazar el modelo singenético por otro epigenético. Se ha procurado no abusar de los términos epistemológicos y en los casos que ello fue necesario se ha procurado aclararlos o citar las respectivas fuentes. No obstante, puede resultar conveniente recurrir a algún diccionario filosófico como el de Martínez y Jordi (1996).

El desarrollo que sigue, se ha organizado en cuatro apartados en los que se exponen reflexiones epistemológicas orientadas a comprender la evolución las ideas acerca de la génesis del ónice calcáreo. Así, se caracterizan cuatro etapas evolutivas, a saber: a) construcción del modelo singenético, b) validación del modelo singenético, c) aplicación e incompatibilidades del modelo singenético y d) emergencia del modelo epigenético.

Cabe señalar que el cambio de modelo aquí propuesto se inscribe en las propuestas de Kuhn (1962: 277-8), esclarecidas en su posdata de 1969, en el sentido de que los criterios empleados para explicar las revoluciones científicas de los grandes paradigmas de la ciencia, también son válidos para explicar la evolución del conocimiento en modelos teóricos con menor jerarquía epistemológica, como el que se desarrolla en esta contribución. En efecto, se sostiene que la construcción del modelo epigenético, es un proceso históricamente situado que obedece a cambios profundos que no se inspiran necesariamente en los mismos procesos lógicos ni los mismos marcos conceptuales que el modelo singenético precedente. Así, el nuevo modelo propone una ruptura profunda con el anterior y por ello, en el sentido de Kuhn, representa un cambio revolucionario. En otras palabras, el cambio de un modelo a otro no fue el resultado de un proceso continuo de acumulación de nuevos conocimientos y mejoramiento del modelo anterior.

### Construcción del modelo singenético

Se carece de antecedentes sobre debates o peculiaridades relativas a la construcción

primigenia del modelo singenético sobre los yacimientos de ónice calcáreo argentinos, pero siguiendo las ideas de Feyerabend (1970), se podría justificar que dicha construcción es el resultado de la convicción (errada) sobre la existencia de un sujeto de conocimiento independiente y neutral, y del exceso de confianza en la capacidad de relacionar la teoría con la práctica. En el caso que nos ocupa, la teoría esta representada por los principios básicos de la geología: como el de *superposición de estratos* y el de *horizontalidad original*, y la práctica, está constituida por las experiencias observacionales a través de las cuales se advirtieron las siguientes características geológicas:

a) En la gran mayoría de los casos los mantos de ónice yacen horizontalmente.  
b) Con frecuencia se asume una relación concordante entre los mantos de ónice y las rocas sedimentarias y/o piroclásticas que los alojan.

c) La gran cantidad de oquedades presentes en algunos yacimientos de ónice semejan lejanamente a algunos tipos de travertinos. El mencionado exceso, habría consistido en interpretar que las características geológicas de los mantos de ónice calcáreo tenían una perfecta correspondencia con la teoría conocida y por lo tanto el ónice podía considerarse como sedimentita química, parte de una secuencia en la cual las rocas que estaban por debajo eran más antiguas y las que están por encima más modernas.

Esta construcción puede inscribirse en las denominadas interpretaciones naturales que representan prejuicios o presuposiciones *a priori*, es decir, enunciados de observaciones no críticas. "Un enunciado de observación consiste, pues, de dos sucesos psicológicos diferentes: 1) una sensación clara y sin ambigüedad y 2) una conexión clara y sin ambigüedad entre esa sensación y partes de un lenguaje. Este es el modo que se tiene de hacer hablar a la sensación" (Feyerabend 1970: 54-6). Ello supone un realismo ingenuo en el cual la sensación producida por los rasgos observados (horizontalidad y concordancias) se conecta rápidamente con partes de un lenguaje (principios geológicos) que remite *a priori* al singenetismo. Feyerabend, comenta que lo que produce las dificultades no es el mensaje de los sentidos sino la connotación de los términos de observación.

### Persistencia de un modelo incompatible con las evidencias

La persistencia del modelo singenético tuvo lugar porque fallaron los mecanismos de validación en razón de varios motivos posibles. Entre ellos, se destaca una reducida comunidad que compartiese la problemática del ónice calcáreo (escasez de investigadores) y también las preferencias de muchos científicos por el denominando contexto de justificación y por el respeto acrítico hacia la autoridad representada por los creadores y/o sostenedores del modelo singenético. La desestimación del contexto de descubrimiento en las prácticas de validación ha impedido, por ejemplo en este caso, que los árbitros y la propia comunidad científica, pudieran advertir, preguntar, solicitar ampliaciones, etc., sobre algunos de los detalles de la mineralización carbonática, como los señalados en los apartados anteriores. Cabe admitir que hubo una aceptación acrítica del modelo singenético y ello parece haber confirmado "la tendencia del hombre a realizar interpretaciones naturales sobre la base de apariencias y a construir proposiciones cargadas de realismo ingenuo" (Feyerabend 1970: 89-92). Desde otra perspectiva, dichas apariencias representarían obstáculos epistemológicos contruidos a partir de lo que Bachelard (1948: 27) denomina "la experiencia básica" ya que ella misma, constituye un *obstáculo epistemológico* porque representa un apoyo seguro sobre el cual realizar predicciones. Siguiendo a ese autor, dicha experiencia básica surge por la seducción de alcanzar rápidamente una armonía entre la práctica y la teoría que la explica. Es decir: una armonía entre las observaciones geológicas de los rasgos de horizontalidad de los estratos, y los requisitos exigidos por los modelos singenéticos.

El propio modelo singenético una vez construido, se habría incorporado al acervo cultural geológico, constituyéndose él mismo en un obstáculo epistemológico que, oportunamente, impidió advertir la presencia de los indicadores epigenéticos y valorar correctamente las anomalías detectadas por Riggi (1946) y Milocco (1977).

En efecto, en este caso, la autoridad del modelo ya construido e impuesto a través de la literatura científica y de la práctica profesio-

nal, actuó como un filtro muy eficiente que impidió (o minimizó) la aparición de los conflictos cognitivos entre la teoría conocida y las evidencias que la contradecían.

Cabe agregar que los investigadores antes de 1978, incluido el propio autor, en tanto sujetos de conocimiento, fueron seducidos por la coherencia entre el modelo singenético y la visión acrítica de los rasgos geológicos. A la vez, promovieron ingenuamente la generalización del modelo singenético, a través de su empleo para explicar la génesis de otros yacimientos similares. De este modo se contribuyó a instaurar, cada vez, una mayor credibilidad sobre un modelo incorrecto.

### Aplicación e incompatibilidades del modelo singenético

Resulta muy interesante analizar esta etapa de la evolución de las ideas acerca del origen del ónice, desde la perspectiva kuhniiana. En Salta, a fines del año 1977, el autor comenzó los trabajos exploratorios con confianza en la observación objetiva, hecho corroborado por la rápida y sencilla corroboración del modelo singenético vigente. Estas actividades se desarrollaron conforme a las modalidades de construcción de conocimientos correspondiente a lo que Kuhn (1962) denominó *ciencia normal*.

Bajo dicha condiciones, el autor aceptó conducir un plan pre - diseñado por otros profesionales siguiendo el modelo singenético vigente y por ende, aceptó y utilizó confiada e ingenuamente el principio de *continuidad lateral de estratos* como soporte teórico para fundamentar las expectativas sobre las reservas potenciales del yacimiento. Sin embargo, a poco de iniciar los trabajos se fue advirtiendo que tal continuidad no era la prevista, que las expectativas económicas se desmoronaban y que el modelo tenía problemas.

La abrupta discontinuidad en la mineralización constituyó lo que Kuhn denominó una anomalía, inaugurando así una etapa de *crisis científica* durante la cual se puso de manifiesto un enigma que podría enunciarse como sigue:

*¿Cómo explicar la discontinuidad abrupta de mantos sedimentarios de ónice calcáreo, si la teoría prescribía que deberían tener una continuidad*

*lateral razonable?*

Frente a esta nueva situación el autor tuvo dos reacciones simultáneas, en planos diferentes:

a) En un plano práctico y con la finalidad de dar respuestas económicas a la empresa propietaria, se diseñó un nuevo plan de perforaciones reduciendo la cuadrícula de las perforaciones de 50 a 10 metros (Lacreu 1978) para verificar con mayor precisión la real extensión de los mantos.

b) En el plano científico se intentó explicar las discontinuidades en la mineralización formulando varias hipótesis simultáneas, basadas en los conceptos geológicos que permitían explicarlas, a saber:

Hipótesis 1: Presencia de *fallas* que interrumpieron la continuidad de los mantos ubicados detrás de los frentes de cantera.

Hipótesis 2: *Acuñaamiento* del manto de ónice por hallarse la costa de un paleolago detrás de los frentes de cantera.

Hipótesis 3: *Inclinación tectónica* de los bancos mineralizados y su brusca profundización detrás de los frentes de cantera.

Finalmente, durante el tiempo que demandó el nuevo plan de exploración se tuvo especial cuidado en verificar las hipótesis elaboradas. Para ello se realizaron *experiencias observacionales*, consistentes en analizar los testigos de las perforaciones y relevar con detalle los frentes de las canteras bajo estudio, y los de otras cercanas.

Dichas experiencias observacionales, obligaron a descartar las hipótesis propuestas, permitieron hallar los rasgos epigenéticos ilustrados en la figura 4 y encontrarle sentido a las anomalías señaladas por Riggi (1946) y Milocco (1977) (Fig. 3), todo lo cual derivó en una traumática toma de conciencia referida a los siguientes aspectos:

1) A la luz de las nuevas evidencias epigenéticas, debían rechazarse las hipótesis formuladas y hacer lo propio con el modelo singenético que ya no podía sostenerse.

2) Surgió un vacío teórico por carecer de un modelo alternativo que explicase satisfactoriamente los procesos íntimos que condujeron a la mineralización por relleno de fracturas.

3) En ese momento, no se comprendían los mecanismos que permitieron la permanencia de espacios abiertos horizontales superiores a los 2 metros de altura, sin que el

techo se hubiese hundido.

De esta manera se resolvió parcialmente el enigma kuhniiano y pese a la orfandad teórica, se concluyeron los trabajos en Salta y se continuaron en San Luis. Sin embargo promediando la etapa de crisis, se propuso el desafío de construir un nuevo modelo para lo cual se formularon los siguientes problemas:

a) *¿cómo explicar los procesos íntimos de formación del ónice calcáreo que justifiquen satisfactoriamente los rasgos epigenéticos (estructurales, texturales y mineralógicos) presentes en yacimientos que hasta ese momento eran explicados singenéticamente?* y  
b) *¿que criterios se podrían derivar para la prospección, exploración y evaluación de estas mineralizaciones?*

### Emergencia del modelo epigenético

Posteriormente, los yacimientos de Salta fueron explicados mediante un modelo que involucraba un fallamiento inverso durante el período Cuaternario (Lacreu 1982), mientras que los de San Luis fueron relacionados con un sistema geotermal desarrollado a partir de la intrusión sub - superficial de domos volcánicos viscosos en el Terciario superior, y el desarrollo subsecuente de fracturas cónicas que se refractaron en planos horizontales próximos a la superficie (Lacreu 1993)

Más recientemente, los estudios de los yacimientos de ónice calcáreos, ingresaron nuevamente en la etapa kuhniiana de ciencia normal, toda vez que se cuenta con un marco teórico satisfactorio que permite desarrollar investigaciones que procuran validarlo a través del estudio de analogías entre yacimientos estudiados (Lacreu 1996, 2001), o aplicando el modelo a yacimientos argentinos antes no considerados (Lacreu 1997a) o bien realizando especulaciones de carácter regional (Lacreu 1997b)

### SÍNTESIS DE LAS REFLEXIONES EPISTEMOLÓGICAS

1) El modelo singenético de los yacimientos de ónice calcáreos argentinos, representa una *interpretación natural* que nació y se sostuvo debido al *carácter subjetivo de algunas observaciones* geológicas de campo. Dicha *interpretación natural* según Feyerabend (1970:

56), puede ser el resultado de dos procesos psicológicos diferentes: una *sensación* clara y sin ambigüedad y una *conexión* clara y sin ambigüedad entre esa sensación y partes de un lenguaje.

2) La subjetividad en las observaciones, queda también iluminada desde la perspectiva de Bachelard (1948: 27) quien propone que *la experiencia básica constituye un obstáculo epistemológico*, ya que representa un "apoyo seguro" sobre el cual realizar predicciones. Dicha experiencia básica surge de la seducción de arribar rápidamente a una armonía entre las observaciones geológicas de los rasgos de horizontalidad y "concordancia" entre estratos, y los requisitos exigidos por los modelos singenéticos.

3) Las investigaciones posteriores, se pueden enmarcar en lo que Kuhn denomina la *resolución de enigmas*, que en este caso consistieron en hallar nuevas explicaciones al conflicto cognitivo representado por la ausencia del desarrollo espacial que proponía el modelo singenético.

4) La formulación de un modelo epigenético, radicalmente diferente al anterior, y su proceso de validación surgió después de casi 10 años de haber emergido la crisis, luego de haber evaluado y explotado gran parte de los yacimientos. En efecto, ello ocurrió cuando el autor ya se había desvinculado de las actividades mineras privadas y disponía del tiempo necesario para resolver el problema planteado.

5) Los diversos modelos alternativos que se fueron imaginando antes de llegar al epigenético, en gran medida se nutrieron de las experiencias observacionales adquiridas durante la explotación de los frentes del ónice calcáreo, por cuanto iban quedando expuestos nuevos frentes de extracción, permitiendo de este modo hacer registros sucesivos que mostraban las relaciones entre la mineralización y sus rocas de caja.

6) A partir de 1989 se tuvo la precaución de consultar bases internacionales de datos y para sorpresa del investigador se obtuvieron más de 300 citas pero sólo dos aludían a los yacimientos, las restantes se referían a sustitutos de ónice artificiales. Ello muestra el escaso interés, o necesidad, o motivación de los geocientíficos para estudiar este tipo de depósitos minerales, situación que todavía hoy se mantiene. Posteriormente, se ha-

llaron algunos trabajos de yacimientos de Italia (Stella 1907 y Compagnoni *et al.* 1978), Egipto (El Hinnawi y Loukina 1972), y Rusia (Metalidi *et al.* 1983), en los que se menciona la existencia de filones, cuya mineralización se atribuye a soluciones bicarbonatadas descendentes, no ascendentes como en el modelo aquí presentado.

7) Desde la perspectiva empresarial, la inversión realizada en las canteras de Salta resultó un fracaso. Sin embargo, desde el punto de vista científico, la epistemología nos muestra que se trató de un error de interpretación derivado de causas concretas. Esta distinción entre fracaso y error ayuda a comprender que lo que para el ámbito empresarial constituye el fin del proyecto o la bancarota y la imposibilidad de continuar con el "negocio", para el ámbito científico (o la práctica profesional crítica y reflexiva) el fracaso se decodifica como error y en este caso en lugar de ocultarlo de la vista de los pares, se revaloriza como fruto de un trabajo que tiene el mérito de promover nuevos desafíos para iniciar nuevas líneas de investigación, y evitar transitar los senderos improductivos.

Estas reflexiones contribuyen a poner en evidencia que la ocasional ausencia de una práctica geológica reflexiva, impide advertir el sentido cognitivo profundo de los actos profesionales. Dichas prácticas y otras involucradas en la formación de profesionales reflexivos (Schön 1992), no siempre están presentes en los contenidos curriculares de las carreras de grado. En efecto, la mayoría de las carreras de grado en ciencias geológicas, en la definición del perfil profesional del egresado se suele incluir que: "*El egresado es un profesional crítico y reflexivo comprometido con la sociedad...*" no obstante, la mayoría de los planes de estudio, carecen de los contenidos que sustenten dicha expectativa de logro. Tal perfil no se logra sólo incluyendo contenidos epistemológicos, sin embargo, cabe enfatizar que tampoco se logrará sin ellos.

Para finalizar este apartado sobre las reflexiones, se advierte que ellas, así como la propia estructura y el carácter del análisis realizado, no están libres o exentas de cierto grado de subjetividad y de la influencia de eventuales obstáculos epistemológicos inadvertidos. En este sentido, las opiniones

de los árbitros han señalado aspectos muy interesantes que ayudaron a mejorar la redacción y coherencia en las argumentaciones, sin embargo es posible que no compartan - y ello es lícito y saludable- el enfoque epistemológico e ideológico del autor. En consecuencia, esta contribución refleja un proceso de construcción colectiva de conocimiento y sus resultados. Estos últimos deben ser considerados provisorios debido a que, en algún momento, se podrán profundizar, mejorar e incluso cambiar radicalmente en función de nuevos elementos de juicio.

## CONCLUSIONES

A la luz de los elementos aquí analizados, se puede concluir que la persistencia del modelo (¿paradigma?) singenético y las características de su reemplazo, pone de manifiesto un modo particular en que los sujetos se relacionaron con el conocimiento en oportunidad de ejercer sus prácticas. En efecto, dicho modo posee una fuertemente influencia de una matriz epistemológica cuyos rasgos se han intentado exponer en esta contribución.

La narración histórica de las alternativas involucradas en la evolución de modelos genéticos, la exposición sucesiva de los elementos geológicos que se fueron descubriendo, el análisis epistemológico realizado y los comentarios sobre algunas actitudes y sentimientos, ha sido una tarea difícil, por la falta de hábito y por la complejidad de las lecturas epistemológicas que permitieron realizar este análisis metacognitivo.

Sin embargo, dicho análisis constituyó además una tarea altamente gratificante y útil para intentar comprender los mecanismos extra-geológicos que operan durante la construcción y aplicación del conocimiento geocientífico. Consecuentemente, se alienta a los geólogos a reflexionar sobre la propia práctica profesional y científica, señalando además que es posible y conveniente vencer la resistencia (y/o temor) que supone la incursión en aspectos filosóficos ausentes, quizás, en la formación de grado. Otro desafío a superar, es la desvalorización y cierta aprehensión propia y de otros colegas, profesores y alumnos universitarios, que podrían considerar que estas acciones son una

pérdida de tiempo.

No obstante, se insiste en que dichos aspectos son los que permitieron explicar por qué se construyó un modelo genético erróneo, los motivos de su persistencia a lo largo de casi un siglo y su influencia negativa en los negocios mineros. Dichos aspectos también ayudaron a orientar críticamente las investigaciones posteriores, a la vez que iluminaron lo que intentó ser una práctica profesional reflexiva.

Sobre la base de lo expresado, se propone que en las universidades se desarrollen estrategias de enseñanza y aprendizaje en las cuales además de los *contenidos conceptuales*, se promuevan o intensifiquen otros aprendizajes significativos. Al respecto se destacan *contenidos procedimentales* tales como: cambiar las escalas de observación en el campo, repetir críticamente las observaciones en diferentes lugares, comparar las interpretaciones que se obtienen en cada escala y realizar una vigilancia epistemológica para verificar que las inferencias (explicaciones o interpretaciones) construidas en un determinado nivel escalar (regional, local, yacimiento, veta, mineral, geoquímica, etc.) sean consistentes con las obtenidas en los otros.

Lo expuesto precedentemente son aspectos curriculares y de la enseñanza que bien podrían incluirse en el campo de la *geodidáctica universitaria*, cuyo objeto de estudio e investigación aún espera su formalización.

Mientras tanto, se postula la necesidad de incorporar en la formación universitaria algunos *contenidos actitudinales* con el objetivo de enseñar que:

- Frente a un problema concreto y/o conflictos cognitivos surgidos de la práctica profesional en el marco de sistemas complejos, descartar las respuestas simples y formular múltiples hipótesis para luego descartar, fundadamente, aquellas infructuosas.
- Las conclusiones obtenidas, en cada escala y lugar, siempre son provisorias y sujetas a revisión a medida que se avanza en los trabajos propios, o de terceros, en temáticas iguales o afines.
- Los datos objetivos son escasos, sobre todo los que provienen de las observaciones. Ellos además, son generalmente interpretados o se les asignan connotaciones que son inevitablemente subjetivas y susceptibles de ser cuestionadas lo cual es saludable

y constructivo.

d) El trabajo de un profesional reflexivo requiere de la crítica, la comunicación apropiada y de una discusión rigurosa de las interpretaciones y sobre todo de la actitud de dudar cada vez que la teoría se vea claramente corroborada en los afloramientos.

Cabe aclarar que no se pretende promover el relativismo ni la idea de que siempre se debe comenzar de nuevo. Tan sólo se intenta propiciar el desarrollo de un espíritu científico que permita cuestionar lo que aparece como obvio. Al mismo tiempo se enfatiza que es necesaria la humildad para cambiar ideas precedentes ante nuevos argumentos razonables o, por el contrario, defender las convicciones, toda vez que los nuevos argumentos se puedan rechazar fundadamente.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los colegas Mauricio Compiani, Pedro Gonçalves y Margaret López de la Universidad de Campinas, Brasil, por las lecturas críticas y el aliento para la elaboración de este trabajo. Hago extensivo el agradecimiento a los árbitros, Dr. José Sellez Martínez y Lic. Guillermo Folguera, quienes realizaron un enjundioso trabajo y unos muy atinados y constructivos señalamientos que ayudaron a reelaborar varios segmentos del trabajo original en la búsqueda de una mayor claridad. Agradezco también a la Prof. Violeta Guyot por su inestimable ayuda y apoyo epistemológico en la revisión final del manuscrito. Finalmente, un agradecimiento muy profundo para Ana, mi esposa, testigo activo, soporte emocional durante los difíciles momentos de crisis epistemológica y que fue, y sigue siendo, una compañía extraordinaria.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Angelelli, V. 1941. Los yacimientos de minerales y rocas de aplicación de la República Argentina, su geología y relaciones genéticas. Dirección Nacional de Minería y Geología, Boletín 50: 355-361, Buenos Aires.
- Bachelard, G. 1948. La Formación del Espíritu científico. Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo. Editorial Siglo 21, 19 Ed., 302 p., México.

- Barcena, M. 1874. Las rocas de Tecali. La Naturaleza 3: 7 9, Mexico.
- Bodenbender, G. 1903. Comunicaciones mineras y mineralógicas. Onix mármol de las provincias de San Luis y Mendoza. Academia Nacional de Ciencias. Boletín 17: 359-364, Córdoba.
- Bulacio, Y. 1975. Estudio Geológico Canteras de Mármol Onix. (cálculo de reservas). Partido. Rosario, Departamento Pringles, Provincia de San Luis. Carpeta 450. Dirección General de Minería (inédito) 19 p., San Luis.
- Cassedane, J. J. 1978. Onix de Fervedeiro. Municipio de Santana do Matos, Rio Grande do Norte. *Mineração et Metalurgiae* 62(403):10 15, Rio de Janeiro.
- Compagnoni, R., Sandrone, R. y Zucchetti, S. 1974. Il giacimento di alabastro calcareo di Belmonte Mezzagno nei "Monti di Palermo". 1° Convegno Internazionale sulla Coltivazione di Pietre e Minerali Litoidi. Estratto degli Atti del Convegno, Sessione IIa, Comunicazione 8, 20 p., Torino.
- Echeverría, J. 1995. Filosofía de la Ciencia. Editorial Akal. 215 p., Madrid.
- El Hinnawi, E.E. y Loukina, S.M. 1972. A contribution to the geochemistry of "Egyptian Alabaster". *Tschermaks Mineralogische und Petrographische Mitteilungen* (17): 215 221, Springer Verlag.
- Feyerabend, P. K. 1970. Contra el método. Editorial Planeta (edición 1993), 187 p., Buenos Aires.
- Gilbert, G. K. 1886. Inculcation of scientific method by example. *American Journal of Science*.
- Guyot, V. 2005. Epistemología y prácticas del conocimiento. Universidad Nacional de Entre Ríos, Ciencia, Docencia y Tecnología, año XVI 30: 9-24, Paraná.
- Klimovsky, G. 1994. Las Desventuras del Conocimiento Científico. Editorial AZ 418 p., Buenos Aires
- Kuhn, T. S. 1962. La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de Cultura Económica, (edición 1971) 320 p., México
- Lacreu, H. L. 1978. Proyecto de exploración en Cantera Arita, Secretaria de Estado de Minería de la Nación, (inédito) 18 p., Buenos Aires.
- Lacreu, H. L. 1982. Descubrimiento de nuevas reservas de de onix en la Cantera Santa Isabel. *Revista Panorama Minero* 61:18 23, Buenos Aires.

- Lacrau, H. L. 1992. El ónice calcáreo de la cantera Brach, Dpto. Los Andes, Pcia. de Salta. 4° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 1: 428-438.
- Lacrau, H. L. 1993. Génesis de los Carbonatos del Yacimiento "Santa Isabel", Dpto. Cnel. Pringles, Provincia de San Luis. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de San Luis, (inédito) 183 p., San Luis.
- Lacrau, H. L. 1996. Analogías geológicas y geoquímicas entre yacimientos de ónices calcáreos argentinos. 8° Congreso Geológico Argentino, Actas (3): 375-386.
- Lacrau, H. L. 1997a. Distrito onicífero "San Rafael", Provincia de Mendoza, Argentina. 8° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 1023-1027, Antofagasta.
- Lacrau, H. L. 1997b. Litogenia carbonática plioholocénica argentina. 8° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 1028-1032, Antofagasta.
- Lacrau, H. L. 2000. Modelo Genético del Yacimiento de Onice Calcáreo Santa Isabel, Pcia. de San Luis, Argentina. 9° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 250-254.
- Lacrau, H. L. 2001. Isotopic fractionation of  $^{13}\text{C}$  and  $^{18}\text{O}$  in hydrothermal carbonates from three argentinean districts. 3° South American Symposium on Isotope Geology, Actas 480-483, Pucón.
- Martínez Riu, A. y Cortés Morató, J. 1996. Diccionario de Filosofía. (en CD-ROM). Editorial Herder, Barcelona.
- Metalidi, S.V., Paskevich, O.G. y Baranov, N.G. 1983. The marble onyx of Dniester in Podolia. *Sovetskaya Geologiya* 12: 54-56, Moscú.
- Milocco, N.A. 1977. Gli Onici del Pakistan. *Marmi, Pietre e Graniti* 18(97): 73-98, Milano.
- Ordoñez, E. 1901. The onyx marble deposits of Jimulco, Coahuila. *Sociedad Científica Antonio Alzate, Memoria* 15: 381-385, México.
- Ordoñez, E. 1905. Los criaderos de mármol-onix de la hacienda de Jimulco. *Sociedad Científica Antonio Alzate, Memoria* 15: 164-174, México.
- Riggi, M. T. C. 1946. Informe sobre la cantera de Aragonita y Travertina "Las Toscas", Departamento Pringles, San Luis. Dirección nacional de Geología y Minería, Expediente 88.115/45, Carpeta 51 (inédito) 18 p., Buenos Aires.
- Schön, Donald A. 1992. La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje de las profesiones. Ed Paidós, 320 p., Barcelona.
- Stella, A. 1907. Le cave di alabastro e di altri materiali calcarei del Saluzzese. *Bolletino de Ricerca e Comunicazione Geologica. d'Italia* 38: 330-343, Roma.

Recibido: 21 de marzo, 2006

Aceptado: 2 de octubre, 2006