



Germanio en minerales de Guanajuato; una investigación inacabada

Juan Ledezma Vázquez ^a, Lauro Edmundo Hernández Sánchez ^b, Agustín Parra González ^b y Jorge A. Cervantes Jáuregui ^b

^a Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Guanajuato

^b Departamento de Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato. Guanajuato, Gto., 36050. jauregi@ugto.mx

Resumen

Un breve reporte de un estudio realizado en los años 50 del siglo pasado sobre la detección de un mineral de germanio en la famosa e histórica Veta Madre en el Distrito Minero de Guanajuato despertó muchos años después, el interés por investigar con mayor detalle las posibilidades reales de su presencia, recurriendo a diferentes métodos de análisis cualitativos y cuantitativos efectuados en muestras diversas de minerales.

Palabras clave: Germanio; minerales; Guanajuato

Germanium is Guanajuato minerals, an unfinished investigation

Abstract

A brief report regarding a study done in the 50's of the last century concerning the detection of a germanium mineral in the famous Mother Vein, in the Guanajuato Mining District was the motivation to start, many years later, a very deep investigation about the real possibilities to find such important element.

Keywords: Germanium; minerals; Guanajuato



1. Introducción

El germanio, que es uno de los 118 elementos químicos conocidos a la fecha, con el número atómico de 32, se ubica en el grupo 14 de la tabla periódica. Es a su vez, uno de los tres elementos que fueron predichos por Mendeleev (1834-1907), el histórico personaje de la química, profesor en San Petersburgo, Rusia, en su trabajo sobre Periodicidad Química publicado en 1869 y que marcó un avance trascendental en la sistematización para el estudio de las propiedades de los elementos químicos y sus compuestos. Mendeleev denominó a ese elemento ubicado abajo del silicio como “eka-silicio”. El germanio, de baja abundancia natural, pero de empleo en química fina y con derivados de alto valor agregado dadas sus propiedades, en nuestro país, México, se ha considerado prácticamente desconocido, y solamente se han reportado unos pocos estudios con mínimas descripciones y de los que se desprende que no ha representado mayor interés investigar a profundidad sobre su existencia en el subsuelo nacional y ya no se diga acerca de su extracción.

En la bibliografía, unas breves notas refieren algunas minas en México donde

se han encontrado vestigios de algunos minerales de germanio, sin llegarse a sistematizar su búsqueda. Y fue precisamente a partir de algunas de ellas, ubicadas en viejos documentos de los años 50 y 60 del siglo pasado, que dieron la pauta para que en los años 1983 y 1984 se efectuara una investigación bastante extensa, referida a distintas fuentes minerales del Distrito Minero de Guanajuato y que los aspectos más relevantes, se recuperan en este artículo donde la parte anecdótica no se ha dejado de lado.

2. La motivación hacia el estudio del germanio en minerales de Guanajuato

Durante el año de 1983, se propuso la realización de un proyecto de recuperación de óxido de silicio (SiO_2) de los residuos minerales (jales o colas finales) del proceso de beneficio de minerales de oro y plata de la entonces Sociedad Cooperativa Minera “Santa Fe de Guanajuato”, proyecto que se realizó de manera conjunta entre la empresa referida y el laboratorio de química de silicio y minerales de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de



Guanajuato, que había iniciado su actividad en el año anterior. Por parte de la Sociedad Cooperativa participó y coordinó las pruebas en la empresa el Ingeniero Agustín Parra González, quien ocupaba el cargo de superintendente de la planta de beneficio. El método de recuperación sugerido fue la flotación inversa, consistente en efectuar la flotación en varias etapas, con el fin de recuperar los valores que pudieran ser redituables de sulfuros de oro y plata contenidos aún en los residuos (primer concentrado), para luego cambiando las condiciones del circuito de flotación, recuperar minerales no-metálicos en concentrados de calcita (si fuera el caso), silicato y/o feldespatos dejando en el fondo de la celda de flotación al concentrado de sílice (Parra y Cervantes, 1983).

En una de tantas sesiones de pruebas de flotación realizadas en la celda de laboratorio ubicada en la oficina de la planta de beneficio, se tuvo acceso a un viejo documento, fechado el 3 de agosto de 1956, parte del antiguo archivo del que había papeles dispersos y que correspondían a la época en que el gerente general de la Sociedad Cooperativa era el Ingeniero Alfredo Terrazas Vega, a quien

en gran medida, se debe el renacimiento de la minería en Guanajuato, particularmente en esta zona del distrito minero, de las minas de las que era propietaria la Cooperativa. El documento, aún legible, estaba dirigido al Ingeniero Terrazas y cuyo remitente era W.F. Fitzsimons, gerente de la empresa Cyanamid de México, que era la proveedora de reactivos químicos para la flotación. Se puede leer en ese documento lo siguiente:

Dear Terry:

*Enclosed please find a brochure describing the procedure for germanium determination, that you request when I was in Guanajuato last. During my recent visit in New York, I obtained this information and hope that it may be useful in determining whether or not you have any economic quantity of germanium in your Guanajuato ores, best personal regards,
...*

La lectura de esta carta fue la gran motivación para pensar que se podía realizar un proyecto amplio al respecto de la búsqueda de germanio en minerales de Guanajuato, sobre todo considerando que se tenía acceso a minerales producto de la extracción y beneficio que se realizaba en



la planta de beneficio de la Sociedad Cooperativa. Y fue así como se gestó un proyecto de tesis de maestría, que se le propuso y lo aceptó, el alumno Juan Ledezma Vázquez, quien era profesor del Instituto Tecnológico de Celaya, Guanajuato y que contaba con licencia académica para efectuar estudios de posgrado (Ledezma-Vázquez, 1983).

En el proyecto se establecieron los siguientes objetivos:

Tomando en cuenta las implicaciones científicas y tecnológicas del germanio, considerado un elemento escaso en abundancia y que en nuestro país existen pocas referencias en cuanto a su existencia, se pretendió la realización de un estudio exhaustivo hasta donde fuera posible, sobre la caracterización, concentración y en su caso extracción del elemento. Para ello, realizar el rastreo y/o identificación de germanio en minerales de Guanajuato, aplicando diversas técnicas analíticas y comparándolas por su reproducibilidad y por tanto confiabilidad de resultados. Ampliar el estudio a minerales de otras regiones donde se tiene referencia de la existencia del elemento y aplicar o desarrollar los métodos de concentración y

extracción adecuados al caso, en función de las características del mineral identificado.

Como puede verse en lo plasmado en el párrafo anterior, el proyecto planteado fue sumamente ambicioso y como se verá, el rastreo y la aplicación de diversas técnicas de análisis, tanto cualitativas como cuantitativas, limitadas a las muestras que se tenían a la mano, y a los recursos disponibles en infraestructura, consumieron el tiempo que el alumno tenía para su desarrollo.

3. Los antecedentes para el desarrollo del proyecto

Si bien fue la carta de Fitzsimons a Terrazas aspecto central para proceder a la búsqueda del germanio, necesariamente hubo de realizarse una investigación bibliográfica que permitiera ubicar esas pocas referencias que citaban la posible existencia del elemento tanto en Guanajuato como en otras partes del país pues la pregunta fue, por ejemplo, Terrazas, ¿cómo fue que identificó el germanio? ¿de qué estudio partió? y ¿había algún mineral de referencia? La respuesta hasta cierto punto a estas preguntas, fueron encontradas de manera



algo fortuita, pues dada la relación laboral y de amistad que existió con el Ingeniero Terrazas, se conoció que en el año de 1961, ya pasados unos años de la carta de 1956 (no se sabe a ciencia cierta si Terrazas procedió a realizar los análisis bajo los métodos que le había proporcionado Fitzsimons pues no existen las evidencias), él publicó un pequeño folleto denominado “Posibilidades que tiene Guanajuato como productor de oro y plata” (Terrazas, 1961) y en el que en la primera página escribió que “como fondo técnico para juzgar (las posibilidades, se supone) hago un resumen de la geología histórica de un informe de J.D. Edwards, hecho en 1956; doy mis observaciones sobre el sistema en la región norte de la Veta Madre, y datos de la mineralización en esa misma zona del estudio microscópico hecho, a solicitud mía, en 1950, por el U.S. Geological Survey” .

El folleto, que consta de 15 páginas y con algunos planos de zonas de la Veta Madre como apéndice, en las páginas 12 y 13 hace un poco más de referencia al estudio realizado en 1950 por el U.S. Geological Survey, y cuyos resultados Terrazas leyó en la Convención de la AIME (American Institute on Mining Engineers) en el año de

1951. Terrazas refiere que “como mineral raro se encontró en dos muestras, pequeñas cantidades de germanio en forma de argidorita ($4\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{GeS}_2$), pero por su rareza, no se considera por ahora, como mineral aprovechable. Recientemente el Instituto de Recursos Naturales no Renovables encontró en varias zonas de Guanajuato, vestigios de este mineral y también de selenio” Hasta ahí la cita.

Las pesquisas sobre reportes sobre germanio en Guanajuato continuaron y seguramente Ledezma, una vez que como se lee en el párrafo anterior, se indicó por parte del Instituto de Recursos Minerales no Renovables que se había detectado el elemento en otras zonas, encontró otro reporte, lamentablemente sin referencia de quién lo escribió pero que apareció publicado en la Memoria de la IV Convención Nacional de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México con el subtema “Germanio en mineral del Cubo”. En esta memoria, se indica que, en el año de 1957, el autor de la ponencia, al estar investigando soluciones pobres del proceso de cianuración de los minerales de la mina del El Cubo, identificó cobre y al tratar de depositarlo electroquímicamente,



en el precipitado obtenido en el cátodo se encontró con un elemento que, según su análisis, era el germanio. El autor reportó esto a sus jefes quienes le permitieron adquirir bibliografía y siguiendo lo indicado en el tomo 7 del Mellor's Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry y en particular lo referido por Winkler, descubridor del germanio en Sajonia, Alemania en 1886, señaló que su precipitado sin duda contenía germanio. Los análisis a varios botones obtenidos de los precipitados y que el autor regaló a algunos colegas químicos reportaron solo trazas. El autor concluye que sin duda los análisis eran erróneos y que requería “buscar un buen químico que realizara la identificación correcta...” (autor no identificado, 1957).

Con estos antecedentes importantes, la revisión de la literatura efectuada ya en el proyecto, mostró que en 1956, en el libro “Riqueza minera y yacimientos minerales en México” (González Reina, 1956), incluyó el tema “Germanio en México” y sobre de ello escribió que el elemento se había identificado en minerales de zinc, específicamente esfalerita, en las Plomosas, Chihuahua, compañía explotada por la American Smelting and

Refining, Co., donde los concentrados de sulfuro de zinc, producidos en grandes cantidades en las plantas de flotación, eran enviados a las fundiciones ubicadas en Nueva Rosita, Coahuila y a otras (no citadas) en los Estados Unidos, donde se recupera el zinc y otros subproductos aprovechables. Sin embargo, la fundición de Nueva Rosita no reporta de producción de germanio. Sin embargo, se sugirió en este reporte, que valdría la pena que en Nueva Rosita las autoridades correspondientes, investigaran si se detecta o produce germanio, indio y otros elementos que suelen acompañar a los concentrados de zinc. Y hace énfasis, de que siendo tantas las toneladas de productos minerales concentrados que se exportan se deberían de establecer controles mediante análisis practicados por oficinas generales federales. Otro reporte más, incluido en el libro de Henry Remy (Remy, 1965) menciona que “pequeñas trazas de germanio se encuentran en algunas blendas de zinc en Norteamérica”.

En el año de 1972, el distinguido químico español vecindado en México, Modesto Bargalló, en su Tratado de Química Inorgánica en el capítulo 20 (Bargalló,



1972) mencionó que “en México no existen yacimientos de germanio, lo contiene la esfalerita o blenda de zinc (ZnS) de algunas minas de Chihuahua y se ha encontrado en minas de estaño del norte del país. Desconocemos si se aprovecha en México el germanio, proveniente de los subproductos de los beneficios de las minas de zinc; parte de los concentrados se envían a EUA para extraerles el zinc y los subproductos”.

Con estos antecedentes, se procedió a iniciar el trabajo experimental sobre el rastreo de germanio en minerales de Guanajuato. Se consideró que la posibilidad de encontrarlo no era remota ya que el Distrito Minero de Guanajuato, perteneciente a la provincia metalogénica de la Mesa Central de la República Mexicana al tener una edad de 1 a 70 millones de años (época terciaria), se formó a bajas temperaturas, favoreciendo la probable presencia de germanio en los minerales sulfurosos de la provincia referida (Salas, 1980), y que tendría congruencia tanto con los reportes en la esfalerita (ZnS) como en el caso de Guanajuato en la argidorita ($4Ag_2S \cdot GeS_2$).

4. La selección de muestras de minerales a estudiar

El universo de muestras a estudiar se estructuró buscando cubrir hasta donde fuese posible, un panorama amplio de minerales del Distrito Minero de Guanajuato, tomando en cuenta que los principales elementos y aquellos considerados traza, se encuentran principalmente como sulfuros, encajonados en la roca cuarzosa y calcárea, donde la concentración de cuarzo o de calcita depende de la veta. Esto es, en la Veta Madre es más abundante el cuarzo como roca encajonante que en las Veta de la Luz, donde la calcita se encuentra en mayor concentración que en la Veta Madre.

Se consideraron para ser estudiadas cabezas de mineral, concentrados y jales o colas finales del proceso de beneficio de la Sociedad Cooperativa Minero-Metalúrgica “Santa Fe” de Guanajuato. Aquí vale la pena señalar que en las plantas de beneficio se denomina “cabeza” el mineral que ha sido extraído de las minas en rocas de varios tamaños y que es el material por procesar para extraer los valores redituables de sulfuros de plata y oro, principalmente. Este mineral, es



transportado de las minas hacia la planta de beneficio, donde las rocas son quebradas, trituradas y molidas para luego ser sometidas al proceso de flotación de espumas (este proceso es el que se lleva al cabo en el caso de lo que fue la Sociedad Cooperativa). A partir del proceso de flotación de espumas, se obtiene el concentrado de sulfuros de plata y oro, que se separa de la roca encajonante y de otros minerales metálicos y no metálicos considerados no redituables, constituyendo las llamadas colas finales o residuos del proceso y que son depositados en las presas de jales. Las colas finales representan un gran volumen de residuos, pues se estima que, de una tonelada de mineral procesado, entre 850 a 900 kilogramos se depositan en las presas.

Otras muestras tomadas en cuenta fueron concentrados primarios de sulfuros metálicos obtenidos en el proyecto de recuperación de sílice de los jales de la misma Sociedad Cooperativa, proyecto referido al inicio de este documento. Esto es, volver a establecer condiciones en la flotación con el propósito de valorar si en este concentrado existían aún valores de plata y oro económicamente redituables. Desde luego, el concentrado de sílice y un

concentrado de silicatos y feldespatos generado también en las pruebas de flotación inversa. El rastreo en minerales de la Sociedad Cooperativa cubría minerales tanto de la Veta Madre (mina de Valenciana, San Vicente, Cata, Rayas), así como de una de la Veta de La Luz (mina de San Ignacio) que en ese entonces se procesaban en la planta de beneficio ubicada en la hacienda de Bustos, en el mineral de La Cata, en la ciudad de Guanajuato. La Veta de la Luz ubicada al noreste de la ciudad de Guanajuato con una mineralización diferente.

Por otro lado, se contaba con muestras de presas de jales de diferente antigüedad que se habían colectado principalmente en el año 1978, durante el desarrollo de una tesis de maestría donde el propósito fue obtener tetracloruro de silicio de diferentes muestras minerales de la región de Guanajuato, entre ellos de los jales, considerando que en ellos el contenido de sílice es alto (Cervantes, 1979). Al haberse realizado en ese entonces un muestreo amplio de presas de jales de distintas zonas del Distrito Minero, se puede decir que en gran medida se contó con muestras de las tres principales vetas que lo integran: Veta Madre (minerales y jales de Valenciana,



Cata, Rayas, El Cedro), Veta de La Luz (San Pedro), Veta de la Sierra (Monte de San Nicolás) y Veta del Cubo. Debe mencionarse que, si bien el espectro de muestras para realizar el rastreo de germanio fue amplio, sin duda que, al tener acceso a las muestras, como se ha hecho énfasis, de la Sociedad Cooperativa eran éstas donde se podría decir que el estudio podría ser más confiable, al ser minerales de explotación reciente y éstos provenir de muestreos realizados en la línea de producción.

Fue así que se integraron 6 de familias de minerales basados precisamente en la zona a la que pudieran corresponder del distrito minero: familia 1 (muestras de jales de San Pedro y La Luz); familia 2 (muestras de Sociedad Cooperativa: cabezas de mineral, compósito de cabezas de mineral, concentrado de sílice de la flotación inversa, concentrado de sulfuros metálicos de la flotación inversa, concentrado de sulfuros o producto principal proveniente de la planta de beneficio, colas finales de la planta de beneficio, muestra de mineral de la mina de Valenciana); familia 3 (muestra de jales de la mina de Rayas, muestras de mineral de la mina de Rayas, jales de Noria Alta, presas de jales

recientes y en operación); familia 4 (veta de la Sierra consistente en jales del Monte de San Nicolás); familia 5 (Veta de El Cubo, muestra de mineral) y familia 6 (Muestras de jales, cabezas y concentrado del Cedro, minas explotadas por la compañía Minera Las Torres, del Grupo Peñoles, S.A. de C.V.).

5. Los métodos de análisis seleccionados

La investigación bibliográfica reportó una buena cantidad de métodos de análisis cualitativos y cuantitativos para determinar germanio en minerales, sin embargo, su selección dependió de los recursos económicos y de infraestructura con que en ese tiempo se contaba en la Facultad de Química y en el Centro de Investigaciones en Química Inorgánica de la Universidad de Guanajuato. Un referente muy importante para guiar la investigación de literatura fue también el documento de Fitzsimons a Terrazas, ya que éste contenía un par de métodos, el primero basado en la separación de germanio por destilación como tetracloruro, su precipitación como sulfuro, su conversión a óxido de germanio y posterior reducción. El segundo empleado fue el método espectrofotométrico basado



en la fenil fluorona (Cluley, 1951). Fue precisamente el método cualitativo de ensayo a la gota (Gilles, 1947) y el cuantitativo (espectrofotométrico) referido basados en la fenil fluorona en los que se avocó el estudio. El otro método semicuantitativo fue la fluorescencia de rayos-X y el otro cuantitativo la espectrofotometría de absorción atómica.

6. Discusión sobre los resultados más significativos

6.1 Ensayo cualitativo a la gota con fenil fluorona.

En primer término, se analizaron por triplicado 33 muestras mediante el método cualitativo de ensayo a la gota con fenil fluorona, De todas ellas, las muestras denominadas “cabezas” y “compósito de cabezas” dieron los resultados más convincentes. Estas muestras provenían de la misma fuente de mineral que en esa época se procesaba en la planta de beneficio de la Sociedad Cooperativa. Las fechas de los muestreos fueron el 25 de noviembre de 1983 y el 10 de octubre del mismo año, respectivamente. El compósito de cabezas, se refiere a una muestra representativa del mineral procesado, y que son de carácter mensual

para propósitos de contar con una información promedio confiable para fines de los balances metalúrgicos. Por tal razón, se consideró que el resultado positivo tanto en cabezas, y más aún en el compósito, era de especial relevancia. Sin embargo, al constituirse tanto cabezas como compósito de minerales a beneficiar de distintas minas de la Veta Madre e inclusive de una mina de la Veta de la Luz (San Ignacio), eso hizo muy complicado conocer el origen del germanio. Sin embargo, debe recordarse que el estudio solicitado por Terrazas en 1950 a la U.S Geological Survey y a partir del cual se reportó la argidorita, se refiere a “datos de la mineralización de la zona norte de la Veta Madre del estudio microscópico” región donde se ubican las mina de la Valenciana, La Cata y Rayas.

Una muestra procedente de la mina de La Valenciana resultó ligeramente positiva dando alguna pista de que ahí se podría encontrar. Sin embargo, no fue posible ahondar más. Otras muestras con resultados similares lo fue una de la mina de Rayas y de un concentrado de sílice, obtenido éste de las pruebas de flotación inversa de las colas finales de la planta de beneficio. Una muestra de colas finales de



la planta de beneficio reportó la misma situación. Una muestra de mineral de El Cubo, lo mismo que las referidas. Un agravante fue que se tuvieron dudas en la reproducibilidad de los resultados. Haciendo referencia nuevamente a los resultados positivos en cabezas y compuesto, sin embargo, al analizar el concentrado de sulfuros metálicos, principalmente de plata y oro, y como se ha enfatizado, era el producto principal del proceso de beneficio de los minerales de la Sociedad Cooperativa, y que donde podría suponerse que se encontraría el germanio con mayor posibilidad dado el proceso de concentración resultado de la flotación de sulfuros, las pruebas fueron negativas. Esto llevó a sugerir que, si el germanio se localizaba en las cabezas, probablemente se pierde en alguna parte del proceso de beneficio o que el tratamiento químico efectuado a esa muestra de concentrado no fue el adecuado.

6.2 Análisis cualitativo y semicuantitativo por emisión de fluorescencia de rayos X

Con respecto a los análisis realizados por fluorescencia de rayos-X, basados en estándares preparados con dióxido de germanio (GeO_2), se puede resumir que no

aportaron resultados convincentes al casi coincidir la $K\alpha$ de germanio con el oro, dejando más dudas que certezas.

6.3 Análisis cuantitativo por espectrofotometría

El método está basado en la formación de un complejo colorido germanio-fenil fluorona determinado en la región visible en concentraciones tales que satisfaga la ley de Lambert-Beer. Siendo la fenil fluorona selectiva para germanio, hay interferencias en la determinación por titanio, zinc, antimonio y molibdeno, que pueden eliminarse con ácido clorhídrico. El método espectrofotométrico de acuerdo con lo reportado, es bastante sensible, confiable y sobre todo bastante selectivo (Cluley, 1951). Para este análisis, se seleccionaron aquellas muestras que habían dado los resultados positivos o evidencias de ello en el análisis cualitativo a la gota con la fenil-fluorona. El número de muestras preparadas fue de 18. Se tomó un gramo de mineral y se realizó la disgregación alcalina con carbonato de sodio y se aforó a 100 ml. De acuerdo con el método, se prepararon soluciones patrón de fenil fluorona y de germanio (1000 ppm) a partir de GeO_2 grado reactivo.



Para la elaboración de las curvas de calibración se prepararon dos series de soluciones patrón de germanio (10 a 100 ppm y 5 a 50 ppm), observando que las dos tenían una desviación negativa de la ley de Lambert-Beer suficientemente permisible. Se determinó la longitud de onda de máxima absorbancia con diferentes concentraciones, estando perfectamente definida a 518.5 nm.

Los datos obtenidos de las gráficas correspondientes de absorbancia vs concentración (ppm) mostraron que solo tenían resultados significativos cuatro muestras que por el valor de concentración obtenido (mayor a menor) fueron: compuesto de cabezas, concentrado de sílice obtenido de la flotación inversa, muestra de La Valenciana y una muestra de La Luz, ésta última apenas con la concentración límite. Lo interesante de los resultados, es que tres de estas muestras pertenecientes a la familia 2, reportaron la presencia de germanio en coincidencia con los ensayos cualitativos a la gota con fenil fluorona. De las cuatro muestras, el compuesto de cabezas mostró el mejor resultado: 44 ppm en la gráfica de absorción vs concentración de la solución de 10 a 100 ppm y 37 ppm en la gráfica de

5 a 50 ppm. Debe recordarse que la familia 2 principalmente se refiere a las muestras minerales de la planta de beneficio y de una de La Valenciana.

6.4 Análisis cuantitativo por espectrometría de absorción atómica

En función de la sensibilidad del método espectrométrico, se elaboraron estándares de 5 ppm ase elaboró la curva de calibración a partir de dióxido de germanio en solución alcalina. En resumen, solamente la muestra de compuesto de cabeza dio una lectura digna de considerarse, dentro de los límites de sensibilidad.

7. Conclusiones

Pasados los años, y en virtud de haber conservado como parte del archivo personal los reportes que en su momento elaborara y entregara Juan Ledezma Vázquez, fue que se consideró importante estructurar este artículo, buscando resumir y plasmar lo más relevante, a fin de dejar la evidencia de que se realizó un rastreo bastante exhaustivo del germanio en minerales de Guanajuato, tomando como referencia la información citada en una publicación editada por el Ingeniero Alfredo Terrazas Vega, de grata memoria



por sus contribuciones a la minería guanajuatense durante el periodo 1947-1972, años en los que fungió como gerente general de la Sociedad Cooperativa Minera Santa Fe de Guanajuato. De la gestión del Ingeniero Terrazas Vega al frente de la Sociedad Cooperativa existe una obra que se editó en el año de 1985 (Jáuregui de Cervantes, 1985).

De lo rescatado de los reportes de Ledezma Vázquez, queda hasta cierto punto la evidencia de la presencia de germanio en algunos minerales del Distrito Minero de Guanajuato, particularmente, hasta donde el estudio lo permitió, en las cabezas de mineral y más representativo aún, del compósito de mineral que en esos años (1983-1984) se procesaban en la planta de beneficio de la Sociedad Cooperativa, minerales provenientes principalmente de la zona norte de la Veta Madre, pero con la duda que permanece de cuál mina pudiera haber provenido el mineral de germanio.

La detección de germanio, realizada empleando la infraestructura en equipo y laboratorios de la época, mostró que el ensayo cualitativo a la gota realizado con la fenil-fluorona coincidió con el método

espectrofotométrico principalmente en la muestra de compósito, aunque no se detectó en el concentrado de sulfuros.

Los años han pasado, los avatares que suele vivir la minería en su historia a nivel local, nacional e internacional, llevaron a la desaparición de la Sociedad Cooperativa y con ello a la venta de las instalaciones y de parte de sus propiedades y desde luego, de los fundos mineros a empresa de capital canadiense, pasando a ser la Compañía Minera “Villaseca”, que por cierto en los años recientes (2021-2022) tiene detenidas sus actividades. Por otro lado, seguramente, las condiciones y características de la veta o vetas en explotación han cambiado a 40 años de la realización de los estudios aquí descritos, que quedan como una memoria, y haciendo referencia al título, a una investigación inacabada.

Dedicatoria

Dedico este escrito, a la memoria de mis padres, Aurora Jáuregui y Luis Cervantes, quienes compartieron y conocieron una buena parte de la vida de la Sociedad Cooperativa Minera Santa Fe de Guanajuato. Mi madre Aurora, como historiadora, recuperando la época de la



trascendental gestión del Ingeniero Alfredo Terrazas Vega. Mi padre Luis, por haber dedicado muchos años de su profesión médica, a salvaguardar la salud de los mineros cooperativistas y de sus familias.

Referencias bibliográficas

Autor no identificado (1957). Germanio en minerales de El Cubo. Memoria de la IV Convención de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México.

Bargalló, M. (1972). Tratado de química inorgánica. Ed. Porrúa.

Cervantes Jáuregui, J.A. (1979). Obtención de tetracloruro de silicio de diferentes fuentes de óxido de silicio. Tesis de maestría en ciencias, química inorgánica. Universidad de Guanajuato.

Cluley, H.J. (1951). The determination of germanium. Part II. Spectrophotometric determination. *The Analyst*, 76, 523-530.

González Reina, G. (1956). Riqueza minera y yacimientos minerales en México. Germanio en México. Banco de México, S.A.

Guilles, J., Hoste, J. & Claeys, C. (1947). *Anal. Chim. Acta*, 1, 302

Jáuregui de Cervantes, A. (1985). Evolución de la Sociedad Cooperativa Santa Fe de Guanajuato y la gestión del Ing. Alfredo Terrazas Vega (1947-1972). Ed. Universidad de Guanajuato.

Ledezma Vázquez, J. (1984). Investigación sobre germanio en minerales de Guanajuato. Proyecto de tesis de maestría en ciencias, química inorgánica. Universidad de Guanajuato.

Parra González, J. & Cervantes Jáuregui, J. (1983-1984). Proyecto sobre la recuperación de sílice de jales de la Sociedad Cooperativa Minera Santa Fe de Guanajuato.

Remy, H. (1965). Tratado de Química Inorgánica. Ed. Porrúa.

Salas, G.P. (1980). Cartas y provincias metalogénicas de la República Mexicana. Consejo de Recursos Minerales.

Terrazas Vega, A. (1961). Posibilidades que tiene Guanajuato como productor de oro y plata. Edición personal.