

Flúor elemental Nunca digas nunca

Laura Gasque Silva*

Si algo he aprendido durante décadas de docencia en la Química Inorgánica, es a no usar las palabras “todos, siempre, ningún, nunca”, ya que el comportamiento de las sustancias químicas no es algo completamente conocido. Muchas de las posibles combinaciones que hasta hoy son inexistentes, pueden serlo no por imposibles, sino porque nadie las ha intentado obtener, o lo que es más, porque simplemente nadie las ha descubierto en la naturaleza.

Un ejemplo clásico en la Química Inorgánica de por qué estas palabras no deben usarse, es la existencia de compuestos de los gases nobles. Durante décadas el paradigma del octeto fue tan fuerte, que a pesar de que los laboratorios químicos de investigación contaban con todo lo necesario para preparar estos compuestos, el famoso octeto estable desalentó cualquier intento de obtenerlos.

En muy, pero muy pocas ocasiones, me doy permiso de usar alguna de estas palabras al dar mi clase, y trato siempre de resaltar ante mis alumnos lo extraordinario que tiene que ser algo para que en su descripción sea apropiada alguna de estas palabras.

Una de estas ocasiones, es cuando hablo del flúor y aseguro que *nunca* se le encuentra en estado elemental en la naturaleza. Se sabe que la obtención de este halógeno en estado elemental ha sido una de las mayores proezas experimentales en la historia de la química. Experimentadores tan notables como Scheele, Davy y Gay Lussac fracasaron en el intento, llevándose como único resultado quemaduras serias. Los hermanos George y Thomas Knox también sufrieron serias quemaduras que casi matan a Thomas y los investigadores Paul Louyet en Bélgica y Jérôme Nickles de Francia literalmente murieron en el intento.

Fue Henry Moissan, en París, quien después de varios intentos logró finalmente domar a la fiera en 1886. Esta hazaña, que muy pocos en la actualidad han vuelto a intentar, le valió el premio Nobel de Química en 1906, cuando se lo ganó a Dimitri Mendeleiev, quien murió al año siguiente, sin Premio Nobel.

Y ahora me entero de que hay un mineral que en algunas vesículas en su estructura contiene un gas que es nada menos que flúor elemental.

Se trata de un mineral conocido hace unos doscientos años, que por su particular olor se conoció como fluorita

fétida o antozonita. Químicos tan célebres como Wöhler y von Liebig propusieron varias posibles fuentes del olor y a lo largo de los años las pruebas químicas y aun la espectrometría de masas no lograron descifrar el misterio; se llegó a proponer que el olor provenía de compuestos de fósforo, de arsénico, o de yodo, azufre, selenio u oxígeno elemental en la forma de ozono.

En 2012, el equipo de científicos dirigidos por el Prof. Florian Kraus, en la Universidad Técnica de Munich, Alemania, han demostrado la presencia de flúor elemental en muestras de esta pestilente fluorita, mediante pruebas de Resonancia Magnética Nuclear de ^{19}F . En estas determinaciones, que se realizaron *in situ* (sin destruir las muestras) se encontró claramente una señal que es assignable sin lugar a duda a la especie F_2 .

La explicación surge cuando se analiza el efecto del contenido de material radiactivo en el mineral. El uranio contenido en trazas en la antozonita emite radiación ionizante que permite la formación de átomos de F, que a su vez forman moléculas de F_2 en vesículas de CaF_2 , lo que las mantiene aisladas y por lo tanto estables.

Referencias

Jörn Schmedt auf der Günne; Martin Mangstl; Florian Kraus, Occurrence of Difluorine F_2 in Nature—In Situ Proof and Quantification by NMR Spectroscopy, *Angewandte Chemie International Edition*, 51, 31, 7847–7849, July 27, 2012.

Comentario

Laura:

Increíble que no se hubiera detectado hasta 2012 que el olor de ese mineral era debido a flúor elemental. ¿Cómo hallaron estos alemanes que estaba atrapado el F_2 en la matriz cristalina? Espero que nos cuentes más sobre ello.

Andoni Garritz
Director de *Educación Química*

Menos de 1 mg de F_2 por gramo del mineral

Pues la referencia del *Angewandte Chemie International Edition* narra lo siguiente:

Antecedentes

La fluorita CaF_2 , suele tener color, cuyo origen ha sido estudiado previamente. Esto se ha atribuido a la presencia de

*Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Av. Universidad # 3000, 04510, México, D.F. MÉXICO.

Correo electrónico: gasquel@unam.mx

CaF₂ sintético e incoloro, mediante irradiación (β, γ , láser). Junto con la formación de cúmulos durante los experimentos de irradiación se observó la formación de burbujas y se propuso que el gas formado era F₂.

La muestra de *antozonita* o *fluorita fétida* analizada por los autores del trabajo que ahora reseño contenía ²³⁵U, ²³⁸U, y sus productos ²²⁴Th, ²³⁴Pa, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi, ²¹⁰Pb y ²¹⁰Bi, capaces de emitir radiación β .

Resultados

OLIERON el gas que salió de la muestra al triturarla y compararon el olor con F₂ de procedencia conocida, y comprobaron que el olor era el mismo. Los investigadores declaran que el olor es muy diferente al O₃, Cl₂, OF₂, HOF, HF y XeF₂, ya que OLIERON todos éstos y resultaron ser diferentes.

Para confirmar sus observaciones organolépticas, decidieron someter la muestra mineral a RMN de ¹⁹F en estado sólido y obtuvieron el espectro que se muestra en la figura 1.

Las señales centradas en -109 ppm corresponden al F⁻ en la fluorita, mientras que la pequeña señal que se observa en 425 ppm es assignable al F₂. Mediante varias mediciones cuantitativas, se obtuvo que la concentración de F₂ en la muestra era de 0.46±0.06 mg/g de *antozonita*.

Laura Gasque

Figura 1. Espectro de RMN de ¹⁹F en estado sólido.

una gran variedad de impurezas, entre ellas uranio y algunos otros elementos radiactivos. Se ha asociado el color de las muestras a la demostrada presencia de cúmulos de calcio metálico en muestras del mineral. Inclusive se han producido estos cúmulos de calcio metálico en muestras de

DIRECTORIO

CONSEJO DIRECTIVO

Dr. Francisco José Barnés de Castro

Director Fundador

Dr. Jorge Manuel Vázquez Ramos

Director de la Facultad de Química,
UNAM

Dr. Eduardo Bárczana García

Secretario general de la UNAM

Dra. Suemí Rodríguez Romo

Directora de la Facultad de Estudios
Superiores Cuautitlán

Dra. Cecilia Anaya Berrios

Presidente Nacional de la Sociedad
Química de México

Director

Andoni Garritz Ruiz

(andoni@unam.mx)

Subdirectora

Gisela Hernández Millán
(ghm@unam.mx)

Editor

Arturo Villegas Rodríguez
(arturovr@gmail.com)

Consejo Editorial

Carlos Amador Bedolla

Silvia Bello Garcés

Adela Castillejos Salazar

José Antonio Chamizo Guerrero

Enrique González Vergara

Hermilo Goñi Cedeño

Gisela Hernández Millán

Jorge G. Ibáñez Cornejo

Glinda Irazoqui Palazuelos

Rafael Martínez Peniche

Ana Martínez Vázquez

María Teresa Merchand Hernández

Adolfo Obaya Valdivia

Laura Ortiz Esquivel

Aarón Pérez Benítez

Clemente Reza Martínez

Alberto Rojas Hernández

Yadira Rosas Bravo

Plinio Sosa Fernández

Consejo Editorial Internacional

Marta Bulwik (Ministerio de Educación,
Argentina)

Alvaro Chirispino (Centro Federal de
Educação Tecnológica Celso Suckow
da Fonseca, Brasil)

Cecilia I. Díaz V. (Panamá)

Manuel Fernández Núñez (Universidad
de Cádiz, España)

Gabriel A. Infante (Pontificia Universidad
Católica de Puerto Rico)

Mercè Izquierdo Aymerich (Universidad
Autónoma de Barcelona, Catalunya)

María Gabriela Lorenzo (Universidad de
Buenos Aires, Argentina)

Rómulo Gallego (Universidad Pedagógica
Nacional, Colombia)

Manuel Martínez Martínez (Universidad
de Santiago, Chile)

Mansoor Niaz (Universidad de Oriente,
Venezuela)

José Claudio del Pino (Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Brasil)

Mario Quintanilla Gatica (Pontificia
Universidad Católica de Chile)

Andrés Raviolo (Universidad Nacional del
Comahue, Argentina)

Joan Josep Solaz-Portolés (Universitat de
València, España)

Santiago Sandi-Ureña (University of South
Florida, USA)

Vicente Talanquer Artigas (University of
Arizona, USA)

Jesús Vázquez-Abad (Université de
Montréal, Canadá)

Amparo Vilches (Universitat de València,
España)

Jaime Wisniak (Ben-Gurion University
of the Negev, Israel)

Lourdes Zumalacáregui (Instituto Superior
Politécnico "José Antonio Echeverría",
Cuba)

Edición digital

Guadalupe Rangel Esparza/
Caligrafía Digital, SC
Tel: (55) 4352 2030
educacion.quimica@gmail.com

Asistentes coordinadores

Alberto Villagómez Guzmán
Gabriela Araujo

Impresión

Formación Gráfica, SA de CV
Matamoros # 112, Col. Ratiil Romero
57630, Edo. de México
Tel. (55) 5797 6060

Grupo de Apoyo a Educación Química

Suscripciones beneficiadoras adquiridas

José Luis Mateos Gómez (Fundador)
Francisco Barnés de Castro

Adela Castillejos Salazar

José María García Sáiz

Gustavo Tavizón Alvarado

Kira Padilla Martínez

Eduardo Rojo y de Regil

Silvia Bello Garcés

Plinio Sosa Fernández

José Manuel Méndez Stivalo

Glinda Irazoqui Palazuelos

Universidad Autónoma Metropolitana