

Z = 9, flúor, F

Elemento más oxidante que el oxígeno

CE: [He] 2s²2p⁵; PAE: 18,998; PF: -219,6 °C; PE: -188,11 °C; densidad (gas, a 0 °C y 1 atm): 1,697 g/L; χ (Pauling): 3,98; EO: -1; isótopo más estable: ¹⁹F; año de aislamiento: 1886 (Henri Moissan, Francia).

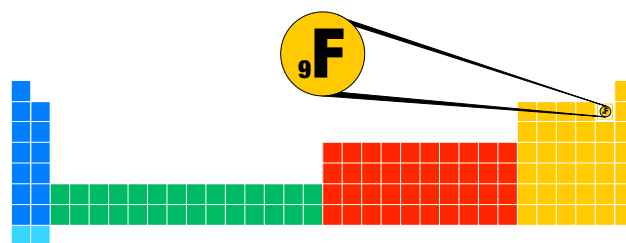
El nombre de flúor deriva del latín “*fluere*” que significa fluir. Es el halógeno más abundante, hallándose en muchos minerales de la corteza terrestre, o bien disuelto en las aguas de mares y ríos. Sus minerales más relevantes son la criolita (AlF₃·3NaF), la fluorita (CaF₂) y la fluorapatita (Ca₅(PO₄)₃F) que es un componente del esmalte dental (Figura 1). A pesar de su abundancia natural, no fue aislado hasta el año 1886 por el francés Henri Moissan (1852-1886), a través de la electrólisis de una solución de KHF₂ y HF anhidro con electrodos de platino. Por este descubrimiento se le concedió el premio Nobel de Química en el año 1906 (Figura 2).^[1] El gas aislado (F₂) resultó ser un poderoso agente oxidante que reaccionaba de forma violenta con todos los demás elementos, incluido el oro, el platino y los gases nobles como el kriptón y el xenón, y provocaba la combustión de los compuestos orgánicos. De hecho, el flúor es el más electronegativo y reactivo de todos los elementos, siendo tóxico y extremadamente corrosivo. En forma pura es altamente peligroso, causando graves quemaduras químicas al contacto con la piel.

La historia de la química del flúor pone de manifiesto la dificultad de manipular este elemento. Es a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando se empieza a dominar la tecnología requerida para el manejo del flúor y de sus compuestos. Cabe destacar como hitos históricos de esta época el Proyecto Manhattan que desarrolló la producción de flúor a escala industrial para sintetizar UF₆ que se utiliza para enriquecer isotópicamente el uranio natural; y la reacción de Balz-Schiemann como método industrial para formar enlaces C_{Ar}-F reemplazando una molécula de N₂. Actualmente, el flúor aún se prepara electroquímicamente usando los principios elaborados por Moissan.

El tratamiento de la fluorita con ácido sulfúrico produce ácido fluorhídrico a partir del cual se preparan fluoruros de valencia alta (CoF₃, AlF₃ y otros) para perfluoración. Además, se han desarrollado métodos basados en el uso de ácido fluorhídrico para la preparación de compuestos organofluorados.^[2] Existen más de 600.000 compuestos que contienen por lo menos un átomo de flúor y la química de los compuestos organofluorados ha supuesto un gran avance en diversos campos como son la química orgánica, ciencia de materiales, polímeros, farmacología y medicina.^[3] Cabe señalar como ejemplos los clorofluorocarbonos usados en el pasado como



Figura 1. Minerales de flúor, de izquierda a derecha: fluorapatita, criolita y fluorita



fluidos de refrigeración, así como el conocido como teflón®, un polímero inerte y muy resistente térmicamente producido a partir de la polimerización del tetrafluoroetileno. Asimismo, debemos nombrar las aplicaciones en las baterías de litio, en la industria electrónica en microchips y en la preparación de cristales líquidos. Además, los compuestos altamente fluorados se usan en recubrimientos con el fin de generar superficies hidrofóbicas con aplicaciones de autolimpieza, antiadhesión y anticontaminación, entre otras.

La introducción de un átomo de flúor o un grupo fluorado en un fármaco aumenta, en general, su biocompatibilidad y su estabilidad metabólica. Es por ello que hoy en día prácticamente en todos los programas de desarrollo de un fármaco nuevo se estudian candidatos fluorados.^[4] Por otro lado, el flúor-19 es un núcleo atractivo en espectroscopía de resonancia magnética nuclear (¹⁹F-RMN) dado que presenta un espín nuclear de ½ y elevada sensibilidad en RMN. *In vivo* se utiliza para identificar y cuantificar los niveles de algunos metabolitos fluorados en tejidos vivos.^[4] Además, durante las últimas dos décadas se ha desarrollado el uso del marcaje con flúor-18. El flúor-18 posee propiedades importantes como emisor de positrones, radionúcleos utilizados por ejemplo, en la preparación de radiosondas para la tomografía por emisión de positrones (PET). El PET es una poderosa técnica para la obtención de imágenes-3D *in vivo* con aplicaciones médicas.^[4]



Figura 2. Celda electroquímica usada por Moissan y diploma del premio Nobel (izda.) Henri Moissan (dcha.)

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Tressaud, Henri Moissan: Winner of the Nobel Prize for Chemistry in 1906, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2006**, *45*, 6792–6796.
- [2] P. Kirsch, *Modern Fluor organic chemistry*, Wiley-VCH, Weinheim, 2005.
- [3] *Handbook of fluororous chemistry*, J. A. Gladysz, D. P. Curran, I. T. Horváth (Ed.), Wiley-VCH, Weinheim, 2004.
- [4] I. Ojima, *Fluorine in medicinal and chemical biology*, Wiley-VCH, Weinheim, 2009.

ADELINA VALLRIBERA MASSÓ
Universitat Autònoma de Barcelona,
Cerdanyola del Vallès, Barcelona
adelina.vallribera@uab.es