

# Moleola

Revista de Química de la  
Universidad Pablo de Olavide

Número 8

Diciembre 2012



ISSN 2173-0903

**Dibujo de portada**

Laura Castro Morales

**Logotipo y Título de la revista**

Juan Manuel García Arcos, Rafael Hoyos Manchado y Rafael Iigo  
Roció Escudero Ávila, Inés Maldonado Lasunción y Javier Revello Sánchez

**Responsables de las secciones que aparecen en este número**

*Artículo invitado* Juan Antonio Anta Montalvo  
*MoleQla Entrevista:* Almudena Ponce Salvatierra  
*MoleQla Ambiental:* Elena García Pérez  
*MoleQla Cristalina:* Claudia Millán Nebot  
*MoleQla Viva:* Guillermo López Lluch  
*MoleQla General:* Sofía Calero Díaz  
*MoleQla Energía:* Juan Antonio Anta Montalvo  
*MoleQla Sanitaria:* Matilde Revuelta Gozález  
*Curiosidades* Said Hamad Gómez  
*Pasatiempos:* Francisco Araújo

**Responsables de maquetación de las secciones que aparecen en este número**

*Artículo invitado* Alejandro Salguero  
*MoleQla Entrevista:* Cristina Guillén Mendoza  
*MoleQla Ambiental:* Juan Antonio del Castillo Polo  
*MoleQla Cristalina:* Antonio Barral Gil  
*MoleQla Viva:* David Cabrerizo Granados  
*MoleQla General:* Alina Georgiana Ioja  
*MoleQla Energía:* Jorge Martínez Cano  
*MoleQla Sanitaria:* Rafael Blanco Domínguez  
*Curiosidades* Javier Macías León  
*Pasatiempos:* Isabel Guerrero Montero

**Editores**

Sofía Calero Díaz  
Ana Paula Zaderenko Partida  
Juan Antonio Anta Montalvo  
Patrick J. Merkling

ISSN 2173-0903

Editado el 21 de Diciembre de 2012

Universidad Pablo de Olavide

Sevilla, España

## EDITORIAL

### ¡MoleQla cumple dos años!

MoleQla cumple dos años y lo quiere celebrar con todos los lectores. Al contrario de lo que ocurre en nuestro país, la revista MoleQla está en pleno crecimiento. El número y la diversidad temática de los artículos han motivado el que en 2012 se crearan nuevas secciones como MoleQla Entrevista o MoleQla Termodinámica. También disponemos ya de una sección especial en la que invitamos a científicos de reconocido prestigio internacional a escribir un artículo divulgativo. Esta sección, que hemos llamado *Artículo Invitado* se estrena en este número de Navidad con la historia de un científico español, Enrique Moles Ormella, relatada por el Profesor Roque Hidalgo Álvarez, Catedrático de la Universidad de Granada.

En 2013, si no se acaba el mundo, nos esperan nuevas sorpresas. Vamos a cambiar el formato de la revista, entrarán nuevas

secciones como la de Bioinformática y hasta veremos algunos artículos escritos en inglés.

Desde la editorial queremos agradecer a los autores su participación y a los responsables de sección y de maquetación el magnífico trabajo que desempeñan y que es la causa del creciente éxito de MoleQla. También queremos desearos a todos unas felices fiestas. Esperamos que disfrutéis leyendo este número y que en 2013 os animéis a participar enviando nuevas contribuciones a la revista.



## ÍNDICE

### *Artículo invitado*

D. Enrique Moles Ormella: un científico brillante y comprometido con el pueblo.

### *MoleQla Entrevista*

Inspirador y estimulante. Un joven científico con verdadera vocación.

### *MoleQla Ambiental*

1. Hidrógeno, la solución a nuestro problema
2. Química con perspectiva práctica
3. Necesidad de sombra
4. El Calcio... ¿sólo está en nuestros huesos?
5. Oxígeno: la molécula vital y destructiva
6. Metal noble
7. Destruidores de la capa de ozono: el cloro

### *MoleQla Cristalina*

8. El vidrio de neodimio y sus aplicaciones
9. Bioinformática para la cristalografía

### *MoleQla Viva*

10. Células madre en trasplantes de islotes de Langerhans. Solución alternativa frente a la Diabetes mellitus.
11. Células B de memoria.
12. Desarrollo del sistema inmune e influencia de la inmunización materna en el neonato.
13. Nanoanticuerpos.
14. Mecanismos por los que el virus del SIDA evade el sistema inmune innato.

### *MoleQla General*

15. El Californio como fuente portátil de emisión de neutrones
16. Grafeno, el material del futuro. ¿Posibilidad real o pura fantasía?
17. Anestesia y propulsión de cohetes, ¿Qué tienen en común?
18. El sodio metálico, un bien escaso
19. Molibdeno: un metal mucho más importante de lo que pensamos
20. Más frío que el hielo
21. El Neón, un gas noble en Las Vegas
22. Las dos caras del plomo
23. El Platino(Pt)

24. El níquel. Proceso de niquelado electrolítico: sus ventajas y aplicaciones

### ***MoleQla Energía***

25. El plutonio, fuente de energía más allá de la Tierra: Generadores termoeléctricos de radioisótopos

26. ¿Cómo de cerca estamos de poder conducir un coche capaz de levitar?

### ***MoleQla Sanitaria***

27. El bario, ese gran desconocido

28. El flúor, un elemento elemental

29. El magnesio y sus aplicaciones

30. El Sr Estroncio, ¿un elemento para olvidar?

31. El polonio-210 y su radiación alfa perjudicial

### ***Curiosidades***

32. Las otras aplicaciones del oro

### ***Pasatiempos***

Rosco Químico N° 4

Atmosferium (Juego que se puede descargar en la página web de la revista)



Artículo realizado por  
Roque Hidalgo Álvarez

## D. ENRIQUE MOLES ORMELLA: UN CIENTÍFICO BRILLANTE Y COMPROMETIDO CON EL PUEBLO

**Hubo un tiempo en nuestro país en que la mayoría de los intelectuales y, muy especialmente médicos e investigadores, tenían un pensamiento progresista, es decir, defendían el progreso de su gente, de su pueblo. Un destacado miembro de esa intelectualidad progresista fue D. Enrique Moles Ormella.**

*Palabras clave* Enrique, Moles, Ormella, científico, español

Enrique Moles Ormella nació el 26 de agosto de 1883 en la Villa de Gracia (Barcelona). Estudió Farmacia en la Universidad de Barcelona terminando sus estudios en 1905 con las máximas calificaciones. Posteriormente se trasladó a la Universidad Central de Madrid donde obtuvo el grado de Doctor en Farmacia en 1906 (durante muchos años la Universidad Central de Madrid, hoy Complutense, fue la única Universidad española que podía otorgar el título de Doctor). Tras un breve periodo como Auxiliar en la Facultad de Farmacia de Barcelona es pensionado por la Junta de Ampliación de Estudios en varias ocasiones (1908-1910, 1912 y 1915-1917) y como producto de sus trabajos en el extranjero obtiene el grado de Doctor en Física (Ginebra 1916) y en Química (Leipzig 1918). Así mismo obtiene el grado de Doctor en Química en la Universidad de Madrid (1922). El profesor Moles era capaz de hablar en castellano, catalán, francés, inglés, alemán, italiano y entender el polaco y el ruso. Fue capaz de escribir 264 artículos desde 1902 hasta 1953 y publicar uno en 1931 en la prestigiosa revista "Nature" sobre la determinación del peso atómico del flúor.

Según narra quien fuera su discípulo, el profesor Augusto Pérez-Vitoria<sup>(1)</sup>, el 12 de abril de 1927 se celebró en la Facultad de Farmacia de Madrid la oposición para designar al catedrático de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid. Después de tres votaciones el tribunal decide por unanimidad proponer a D. Enrique Moles. Los estudiantes presentes en la sala estallan en aplausos, abucheos, vítores y hasta imprecaciones e insultos de todas clases según fueran "molistas" o "antimolistas". Era una manifestación más de la tensión existente entre la renovación y el inmovilismo imperantes esos años en la Universidad y sociedad españolas. D. Enrique Moles contaba entonces con 40 años y era un simple Auxiliar de Química Inorgánica cuando años antes la Universidad de Ginebra lo había nombrado "Privant-Docent" y había recibido invitaciones de las Universidades de Baltimore (EE.UU) y Zúrich para ser profesor de Química Física. Como muchos científicos de su generación estaba convencido de la necesidad de hacer buena ciencia en su país. Era la conciencia que la Institución Libre de Enseñanza inculcó en muchos investigadores españoles desde 1876 hasta 1939. En su caso y, muy

probablemente por lo que había podido vivir en Alemania, el profesor Moles estaba convencido de que el desarrollo de la Química en España daría lugar también a un desarrollo económico no visto hasta entonces.

El 6 de febrero de 1932 se inauguraba oficialmente el Instituto Nacional de Física y Química (I.N.F.Q.). Este Instituto de investigación era más conocido por “el Rockefeller”, pues su construcción fue posible gracias a la financiación recibida años atrás por la Fundación Rockefeller. El profesor Moles estuvo encargado de la sección de Química Física y siempre fue un ferviente defensor de la enseñanza práctica de la Química, siendo vocal del Instituto del Material Científico, organismo creado por el Estado para dotar a los centros de enseñanza e investigación de instrumentación científica.

En su discurso de ingreso en la Academia de Ciencias el 28 de marzo de 1934, el profesor Moles afirmaba “El enemigo fue siempre el mismo: la Administración y la burocracia. Los mejores planes, las mejores intenciones, los propósitos más ideales, quedan destrozados contra el muro inmovible de la rutina”. El proceso de acumulación del capitalismo español fue tan diferente al del resto de Europa que no necesitó casi nunca de la ciencia para mejorar su rentabilidad. El escaso interés que la burguesía española tuvo y continua teniendo por el desarrollo científico-técnico explica el escaso desarrollo industrial y la baja productividad de la economía española, así como sus elevadísimas tasas de paro. Investigadores como el profesor Moles intentaron a comienzo del siglo XX cambiar esa tendencia parasitaria de la Universidad y sociedad españolas pero fueron derrotados por los inmovilistas de siempre partidarios de un modelo que ya desde 1898 no era económicamente viable.

En 1936 se encargó de la dirección accidental del “Rockefeller” y más tarde fue nombrado Director General de Pólvoras y Explosivos de la Subsecretaría de Armamentos (que en ese momento dirigía D. Alejandro Otero Fernández quien era catedrático de Ginecología y Obstetricia de la Universidad de Granada) en Barcelona.

Una muestra más del compromiso con su gente y el legítimo gobierno del Frente Popular que había sido elegido democráticamente unos meses antes, lo constituye su firma el 31 de octubre de 1936 del manifiesto titulado “Los intelectuales españoles apelan a la conciencia internacional”, en respuesta al bombardeo que unos días antes había sufrido Madrid por parte de la aviación fascista que apoyaba al golpista general Franco. En el mismo se decía, “Doloroso es para nosotros, españoles que sentimos la dignidad de serlo, tener que proclamar ante nuestro país y ante el mundo que hechos como éste, producidos sin objetivo militar ni finalidad combativa alguna, simplemente por el sádico deseo de matar, colocan a quien los comete fuera de toda categoría humana”.

El 7 de febrero de 1939, siguiendo las orientaciones del Gobierno de la República, pasa a Francia, iniciando así el exilio, como el 50 % del profesorado universitario español. Se trasladó a París y es nombrado “Maitre de Recherche” del CNRS (Centro Nacional de Investigación Científica); institución que curiosamente fue impulsada por Jean Baptiste Perrin -Premio Nobel de Física en 1926-, cuando era Subsecretario de Estado de Investigación en el Gobierno de Léon Blum del Frente Popular, entre 1936 y 1937.

Su trabajo en París le permite reiniciar sus investigaciones y disfrutar de una posición

estable en un contexto de reconocimiento internacional. No obstante, en los primeros días de diciembre de 1941 regresa a España y es detenido en la misma frontera y trasladado a la prisión de Torrijos, de Madrid, sin que su hijo, que lo esperaba en la frontera, pudiera ni siquiera verlo. Dos meses después se le dejó en libertad provisional y, lleno de ilusión, inició las gestiones para reanudar sus actividades investigadoras, motivo por el cual había decidido regresar a España. Sin embargo, un grupo de universitarios *putrefactos* (termino utilizado por Federico García Lorca para referirse a la peor burguesía que habitaba en Granada) logran mediante acusaciones falsas que el profesor Moles fuera de nuevo detenido en la madrugada del 12 al 13 de mayo de 1942 y encarcelado esta vez en la cárcel de Porlier de Madrid. Como indica el gran novelista inglés Graham Green en su obra “Monseñor Quijote”, en España la mejor gente ha estado alguna vez encarcelada.

El 28 de julio de 1942 un consejo de guerra condena al profesor Moles a doce años y un día de prisión por auxilio a la rebelión militar, proponiendo el tribunal que la pena fuera reducida a la de seis años y un día -lo que le hubiera supuesto salir en libertad provisional-, pero disintió el auditor, que propuso la pena de veinte años y un día por adhesión a la rebelión militar, y en su caso pasó al Tribunal Supremo de Justicia Militar. El fiscal solicitó la pena de muerte -sin que haya lugar a su conmutación-, aunque luego, en el curso de la vista, la cambió por la de treinta años de reclusión, siendo el profesor Moles condenado finalmente a la reclusión perpetua el 10 de mayo de 1943. Se encarcelaba así a un profesor universitario de Química Física que había recibido, entre otras muchas distinciones, El Premio Van't Hoff, de la Academia de Ciencias de Amsterdam (1927), el Premio Solvay, de la Academia

de Ciencias de Bruselas (1928); así como, las medallas: Lavoisier de la Sociedad de Química de Francia (1937) , la Gran Cruz de la Orden de la República Española (1933) y de Oficial de la Legión de Honor Francesa (1936) y era Vice-presidente de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (I.U.P.A.C.). Aunque estos datos son siempre difícil de comprobar es opinión muy generalizada que el profesor Moles fue el introductor en España de la Química Física y está fuera de toda duda su papel como dinamizador de la Sociedad Española de Química y de sus publicaciones como los ya desaparecidos Anales de Química.

D. Enrique Moles salió de prisión al cumplir los sesenta años después de más de tres años de encarcelamiento efectivo. En cuanto fue puesto en libertad empezó a trabajar, y siguió haciéndolo durante los últimos años de su vida, en los laboratorios del Instituto de Biología y Sueroterapia IBYS, de Madrid.

En 1951 decidieron que fueran cancelados todos sus antecedentes penales pero no se le permitió reincorporarse a la Universidad. En la madrugada del 29 al 30 de marzo de 1953, fallecía el profesor Enrique Moles en Madrid, víctima de una trombosis cerebral. Todos los *putrefactos* de dentro y fuera de la Universidad podían ya vivir tranquilos.

En conclusión, el profesor Moles fue persona de profundas convicciones democráticas que le llevaron a apoyar en todo momento el proyecto de modernización y avance social que representaba la IIª República, capaz de escribir cinco artículos científicos durante su reclusión en las cárceles franquistas. Por desgracia, la amnesia impuesta primero y asumida después nos ha privado de conocer a todos aquellos científicos que trabajaron duro para que España saliera del atraso científico y social que siglos de dominación



borbónica habían provocado, pero que cobran actualidad ahora cuando necesitamos ejemplos de comportamiento y compromiso ético con el trabajo bien hecho y la justicia social.

#### *Referencias*

*Enrique Moles: La vida y la obra de un químico español. Coordinador, Augusto Pérez-Vitoria. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, 1985.*

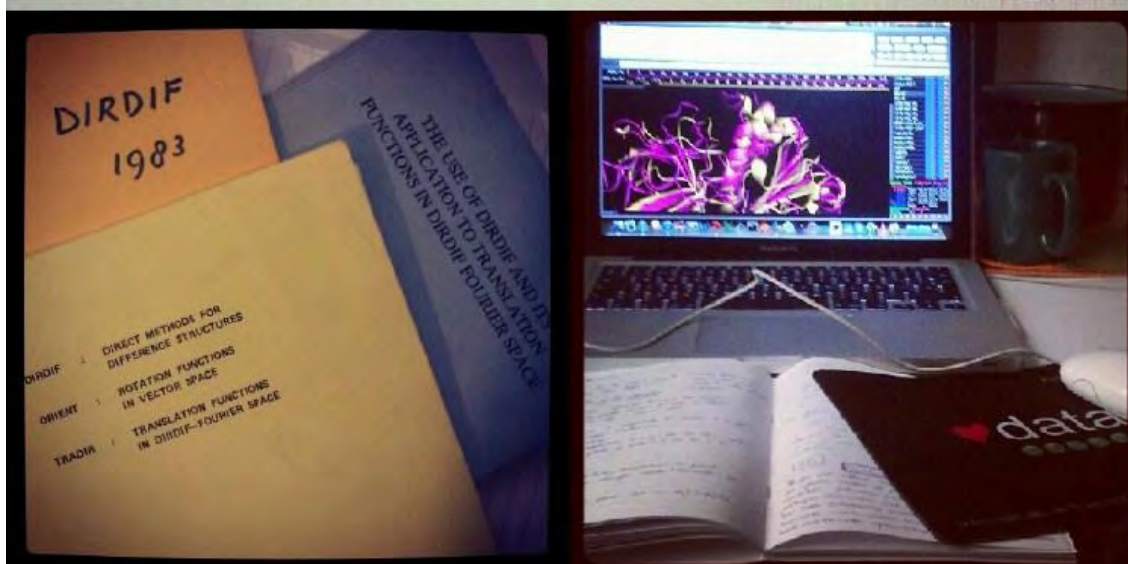


Figura 1: Imagen del científico español D. Enrique Moles Ormella.

## MOLEQLA ENTREVISTA



What is your idea of a perfect day?





Artículo realizado por  
Almudena Ponce Salvatierra

## INSPIRADOR Y ESTIMULANTE. UN JOVEN CIENTÍFICO CON VERDADERA VOCACIÓN

**Miguel Ángel Durán Olivencia, con 28 años, ha pasado ya por el Departamento de Física Teórica de la Facultad de Física de la Universidad de Sevilla, por un máster en Física Médica y por otro en Cristalografía y Cristalización. En la actualidad trabaja en el Laboratorio de Estudios Cristalográficos (LEC) en el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT). Transmitiendo toda su inquietud y curiosidad, responde a las preguntas que le planteamos con la mayor naturalidad.**

*Palabras clave*    *Doctorado, vocación, física, cristalografía, nucleación.*

**-Vamos a tratar de adentrarnos en lo que haces. Estás en la segunda mitad de tu beca FPI, ¿por dónde vas?**

-Mi trabajo consiste en el desarrollo de una teoría que contemple la naturaleza aleatoria de la primera etapa de las transiciones de fase (etapa de nucleación). Las teorías existentes hasta ahora se basan en un balance de materia casi intuitivo que permite una sencilla comprensión del proceso de nucleación considerando tan solo una variable relevante (también llamadas parámetros de orden o coordenadas de reacción), el tamaño del precursor metaestable. El problema es que en muchas ocasiones estas teorías se han demostrado muy lejanas a la realidad, en parte debido al gran número de hipótesis que asumen para poder llegar a ecuaciones cerradas que se puedan tratar analíticamente.

**-¿Tratas entonces de desarrollar una teoría que se ajuste mejor a la realidad para describir el proceso de nucleación?**

-Si. Además de considerar un mayor número de variables relevantes, intento introducir la naturaleza estocástica del proceso considerando que las variables siempre presentarán un ruido inevitable debido a las fluctuaciones termodinámicas.

**-¿Cómo repercuten estos cambios en los resultados? Y, ¿qué información nos proporcionan?**

-Esto complica sobremanera las cosas puesto que pasamos de contemplar ecuaciones diferenciales ordinarias a ecuaciones diferenciales estocásticas. A diferencia de las primeras, las segundas difícilmente tienen una solución analítica exacta y el procedimiento estándar a seguir es contemplar la ecuación que gobierna la evolución temporal de la probabilidad, algo

así como una ecuación de Schrödinger en mecánica cuántica. Esta descripción estadística del proceso nos puede dar información relevante del mismo, como por ejemplo: el tiempo medio necesario para que ocurra la transición de fase o la forma más probable de que ocurra. Sin embargo, encontrar una solución cerrada para la probabilidad tampoco es algo sencillo y en la mayoría de los casos, como ocurre en la nucleación, no existe una solución exacta aunque sí que se pueden realizar aproximaciones.

**-En resumen, ¿cómo cambia esto las cosas?**

-Lo bonito es que simplemente considerando dos variables relevantes, en lugar de una sola como en el caso clásico, el problema se convierte en un problema de geometría diferencial profundo y tiene un contacto directo con casi todas las ramas de la física y las matemáticas.

**-"La pregunta del millón", la que nos hacen nuestros amigos y nuestros padres "Y esto... ¿para qué sirve?"**

-Esta pregunta seguramente sea la más complicada puesto que es algo muy teórico. Cuando explico lo que hago a gente lejana a mi campo me gusta enfatizar que: *hago ciencia fundamental, luego la aplicabilidad inmediata es poco probable.*

No obstante, existen aplicaciones para explicar y predecir fenómenos muy

importantes en la naturaleza a medio o a largo plazo.

Otro ejemplo, es el caso de la cristalización de fármacos. Aquí la nucleación juega un papel muy relevante, aunque en algunas ocasiones sea obviado por parte de la industria.

Mi trabajo está muy centrado en este problema, conocido como selección polimórfica y de hecho ya estamos obteniendo algunos resultados. A parte de ello, la nucleación es parte fundamental en procesos como la precipitación, así que tener mejores teorías que ayuden a la predicción del tiempo necesario para que una gota de agua precipite ayudaría sin duda alguna a mejorar las predicciones meteorológicas. En realidad, hoy en día se conoce de un número tan elevado de procesos que contemplan una etapa de nucleación que el hecho de hacer cualquier mejora o aportación a las teorías existentes seguro que es bien recibido en la comunidad científica.

**-Cuéntanos tu vida (risas). ¿Cuándo decides hacer un doctorado?**

-La verdad es que nunca pensé en hacerlo, es decir, cuando empecé la carrera ya sabía que quería ser investigador en un futuro. Es cierto que mis motivaciones cambiaron con el tiempo y quizás fue precisamente el "porqué" lo que me motivó a hacer un doctorado finalmente. Nunca he podido dejar de preguntarme el "porqué" de las cosas y creo que eso va implícito en la

investigación. No podía imaginar el día que llegase a terminar la carrera y dejase de aprender cosas nuevas.

**-Muchos de los que hoy estamos en “esto” tuvimos una primera toma de contacto con el mundo de la investigación en algún departamento de nuestra facultad. ¿Es este tu caso?**

Sí. En un inicio, estuve colaborando durante un año y medio con el departamento de Física Teórica de la Universidad de Sevilla. El objetivo era aplicar las herramientas de la física estadística a la biología, en concreto a redes biológicas autorreguladas, y ver como las fluctuaciones conllevaban comportamientos colectivos. Durante ese periodo de tiempo estuve investigando a su vez problemas de física teórica pura que a día de hoy me han resultado muy útiles.

**-¿Tuviste otras ofertas de trabajo? Al final te quedaste con la FPI.**

-Sí, pero como comentaba anteriormente, nunca quise ser otra cosa que no fuera ser lo que soy hoy en día. Por supuesto tuve mis dudas al recibir ofertas de trabajo, pero supe que trabajar en algo que no me gustase terminaría pudiendo conmigo y me decidí por ganar menos dinero pero más formación. En cuanto supe que me habían concedido la FPI hice las maletas para irme a Granada.

**-¿Qué fallos le ves a este trabajo?**

-De momento el único fallo que le veo es no tener mucho tiempo libre. Está claro que

yo no se administrar bien el tiempo y siempre acabo ocupándolo casi todo con mi trabajo. Aunque parezca enfermizo, en realidad no es tan raro, cuando haces lo que te gusta se te pasa el tiempo en un abrir y cerrar de ojos.

Como desventaja sólo se me ocurre la precaria recompensa de la ciencia en España. No es algo que esté ni remunerado ni reconocido y al final eso hace que te plantees irte fuera, lo que siempre conlleva un alto sacrificio personal y familiar.

De todos modos, cada sacrificio que uno hace es una prueba de madurez personal y de compromiso con tus convicciones. Es esto lo que hace que, con el tiempo, todo merezca la pena.

**-¿Eres optimista?**

-Por supuesto que lo soy...¿Qué sería de la ciencia sin el optimismo?

**-¿Crees que cualquiera puede dedicarse a esto?**

-En mi opinión, cualquier persona que tenga un objetivo y sea constante puede conseguirlo y en este respecto, la investigación es un objetivo que uno se propone. Si eres constante puedes hacerlo, todo es proponérselo.

**-¿Qué te aporta tu trabajo?**

-Aprendo algo cada día. Eso me da la suficiente energía como para despertar cada mañana con un aliciente. Sé que no existe la rutina en mi trabajo. Por otra parte, existe la

ventaja de aprender de los mejores y estar en contacto con personas que o ya son historia, o bien lo serán.

Sin duda alguna, me encanta hacer lo que hago. Me da todo lo que necesito para ser feliz: conocimiento y retos. Además me hace sentir especial por pertenecer a la historia en cierto modo, ya sea con algo muy grande o muy pequeño todos colaboramos poniendo nuestro granito de arena. Desde luego sentir que eres el primero en abrir puertas donde otros solo vieron muros es muy gratificante.

**-¿Piensas en cambiar de campo en algún momento?**

-Personalmente pienso que encerrarse en un problema toda la vida no es sano, ni personal ni mentalmente. El cambio siempre enriquece, te obliga a explorar nuevos campos y eso te da un punto de vista diferente que incluso te puede servir en un futuro para retomar problemas que dejaste de lado bien por aburrimiento, bien por cansancio o bien por falta de herramientas o ideas. Me considero bastante dinámico y la monotonía es algo que me aburre, de modo que espero cambiar de tema en algún momento.

**-Consejos para todos: ¿qué le aconsejarías a un estudiante de grado que quisiera dedicarse a la investigación?**

-Que luchen por lo que quieren y que piensen bien si lo quieren. Un doctorado es una etapa que marca un antes y un después

en tu vida, no solo profesional sino también personal. Dedicarás una larga etapa a este propósito. El doctorado requiere mucho tiempo y dedicación y este tiempo solo pasará rápido y de forma gratificante si amas lo que haces.

**-¿Qué me aconsejas a mí? Una estudiante de doctorado más.**

-No te puedo decir más que lo que yo necesito oír: “ suerte y... ¡que vaya todo bonito!”. (Risas)

**-Y ¿qué nos puedes decir de errores que no debemos cometer? ¿qué es lo que sí tenemos que hacer?**

-Me han pasado muchísimas cosas, aunque las cosas que pasan dependen también de la persona. Para mí lo peor son los papeles, millones de papeles, que no puedes perder por supuesto. Así que mi consejo es: *¡Guárdalo todo!*

Lo que sí hay que hacer: disfrutar, tener vida social y científica, conocer nueva gente, ir a otros países si tienes la oportunidad, aprovechar para aprender idiomas, hacer turismo, no dejar de vivir en resumidas cuentas... Aunque esta es una etapa importante, no debemos olvidar que no puede constituir el 100% de nuestra vida.

**-Momentos difíciles: ¿en qué piensas? ¿a quién acudes?**

-La frase que define cómo siento lo que hago es la siguiente cita:

*. . . Una de las mejores cosas en el mundo,  
y aún más  
que mejor, es mostrarse independiente de la  
aprobación popular*

*y, sin tratar de obtener aplauso, hallar sin  
embargo el deleite  
en el hecho mismo.*

[CICERÓN]

Curiosamente, esta cita me la enseñó mi hermano, fue él quien me animó a ser físico desde pequeño. Lo más reconfortante en momentos difíciles sin duda alguna es una buena charla con él, mi hermana o mis padres, de cualquier tema. Ellos siempre saben como hacerlo para que no me preocupe demasiado por nada.

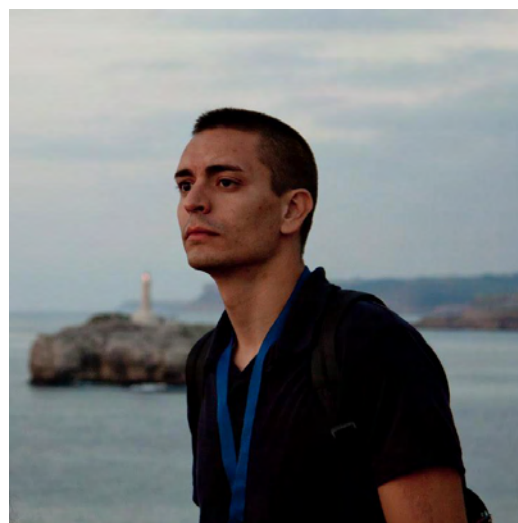
**-¿Como te ves en 5 años?**

-Espero que doctorado y por supuesto, espero también, investigando. No sé dónde, cómo ni cuándo, pero es mi objetivo y lucharé por ser científico hasta el último de mis días.

**-Ya sabemos que en tu tiempo libre trabajas, pero ¿Qué más hobbies tienes?**

Leer, escribir mis humildes reflexiones, tomar café hablando de ciencia durante horas, correr, ir al gimnasio, estudiar matemáticas, ir al cine, escuchar buena música de cualquier género, hacer descansitos para tomar un café rápido con

mis compañeros a media mañana...y me gusta también cocinar para dos días, con postre y todo. (Risas).



*Miguel A. Durán Olivencia en Santander, horas antes de la presentación de la tesis de su master en Cristalografía y Cristalización. Fotografía de archivo.*

**-Has estado de estancia en Bruselas últimamente. ¿Cómo te has encontrado? ¿Has estado en algún otro sitio además?**

-Estuve en Bruselas también en Enero, y en Amsterdam en una escuela de dos semanas. Gracias al master en cristalografía tuve la oportunidad de ir a Grenoble el año pasado durante dos semanas para aprender todo acerca del funcionamiento y la utilidad del sincrotrón.

No obstante, esta ha sido mi primera estancia y espero que haya una más, en Bruselas también. Me gustaría dar el salto a Estados Unidos aunque tal y como está todo, no se si habrá ayudas para movilidad en años venideros.

En cuanto a Bruselas, el grupo en el que estoy (CENOLI-ULB) es magnífico. Cuenta con un gran número de físicos de

gran prestigio científico y eso te hace sentir especial. Hablar con ellos y tener la oportunidad de compartir opiniones con aquellos que escribieron los libros con los que tú te formaste durante la carrera es emocionante.

**-El objetivo de este tipo de entrevistas es acercar a la gente joven una visión más real de cómo es la investigación, de cómo entramos en ese mundo y cómo se ve desde dentro. ¿Crees que resulta útil facilitar este tipo de información?**

-Creo que es una muy buena iniciativa. Con este tipo de entrevistas los estudiantes pueden llegar a romper ese muro que se levanta entre su último curso y la vida profesional, al menos esa fue la impresión que yo tuve. Creo que se han hecho muchos avances en los últimos años con becas de colaboración científica, iniciación a la investigación, etc.

**-¿Qué te parecería poder acercarla de manera más continuada a la gente, a través de un blog, por ejemplo? No se trataría de colaborar entre nosotros, porque ya estamos en contacto a través**

**de mailing lists, o de grupos con nuestros compañeros de máster etc. Se trataría de crear un eslabón entre "los estudiantes" y "los jefes". Un intermedio para ayudar, y proporcionar información de manera activa.**

-Creo que es también tarea de los docentes el facilitar este tipo de información, aunque seguramente nosotros resultamos más cercanos.

Creo que si un blog recogiera todo esto e incluso ofertas de doctorado podría tener bastante éxito.

**-Gracias por hacernos un hueco en tu agenda y por haber contestado a todas nuestras preguntas. Hemos cubierto todos los aspectos fundamentales de un doctorado y nos has desvelado las claves para tener éxito en nuestros propósitos. ¡Hasta pronto!**

-Muchas gracias a vosotros por hacerme un hueco en vuestras páginas, ha sido todo un placer y me ha encantado la experiencia. ¡Hasta pronto!



*MOLEQLA AMBIENTAL*

**MoleQla**



Artículo realizado por  
Cristina Guillén Mendoza

## HIDRÓGENO, LA SOLUCIÓN A NUESTRO PROBLEMA

**La contaminación es ya un problema muy serio y el tráfico es el factor que más lo agrava. El hidrógeno es la solución, ya que a partir del agua y mediante electrólisis puede ser obtenido fácilmente. El producto de desecho en estos automóviles sería solo agua. Ya está todo inventado, solo es preciso aplicarlo y mejorarlo.**

*Palabras clave: agua, electrólisis, hidrógeno, transporte limpio*

Respirar aire limpio y sin riesgos para la salud es un derecho inalienable de todo ser humano. Está sobradamente demostrado que la contaminación atmosférica causa daños tanto al medio como a los ciudadanos. No es solo un problema local, como el ocasionado por las llamadas islas térmicas sino planetario. Según un informe de ecologistas en acción, el origen de este problema en nuestras ciudades se encuentra principalmente en las emisiones originadas por el tráfico rodado, a lo que se suman en mucha menor medida otras causadas por calderas, transporte marítimo y aéreo, industrias y diversas fuentes naturales.



Figura 1. Esta imagen resume el contenido del informe de ecologistas en acción sobre la calidad del aire en España durante 2010, comentado anteriormente. Tomada del propio informe.

Es aquí donde entra el hidrógeno como el elemento solución a nuestro gran problema. ¿Por qué el hidrógeno y no otro elemento?

- 1) Se obtiene fácilmente del agua ( $H_2O$ ) mediante electrólisis.
- 2) El agua es muy abundante en nuestro planeta y evitaría que sólo algunos países se beneficiaran ya que puede ser utilizada tanto en países energéticamente pobres como en los ricos. (Quizás por esta razón aún no tenemos coches impulsados por agua)
- 3) Los productos de combustión son considerados no contaminantes o contaminantes en muy bajo grado.
- 4) La energía que aporta es incluso superior a la que proporcionan los recursos fósiles.
- 5) Supone la conjunción entre el respeto por el medio ambiente y el progreso de la tecnología.

La electrólisis es un proceso mediante el cual se produce una reacción química (no espontánea) a partir de energía eléctrica. Se realiza en una cuba o celda electrolítica. En ambos dispositivos, la oxidación ocurre en el ánodo y la reducción en el cátodo.

El agua pura, al no contener suficiente cantidad de iones, no es conductora de la corriente, pero al añadirle una pequeña cantidad de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1M, sustancia disociada en sus iones, tiene lugar la reacción:

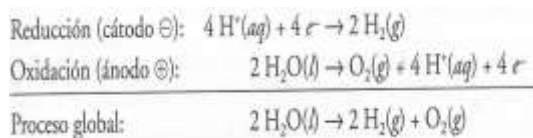


Figura 2. Reacción de la electrólisis del agua. Obtenida del libro de Química segundo bachillerato editorial Anaya

En el medio existen iones sulfato,  $\text{SO}_4^{2-}$ , que podrían oxidarse en lugar del agua. Sin embargo, requieren un potencial mucho mayor, de ahí que se oxide antes el agua y, por tanto, no haya consumo de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

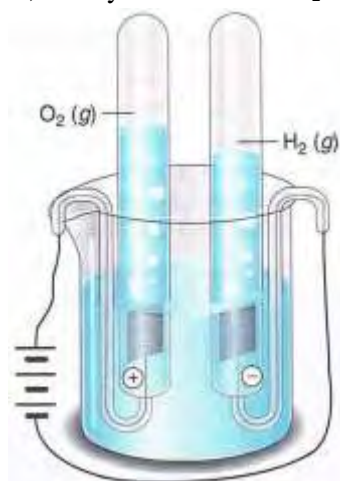


Figura 3. Electrólisis del agua. El volumen de hidrógeno generado (columna derecha) es el doble que el de oxígeno (columna izquierda). Obtenida del libro de segundo bachillerato Química editorial Anaya.

Aunque tener coches movidos por agua pueda parecer ciencia ficción, ya en 1992 Stanley Meyer, quien trabajó para la NASA, dio a conocer su automóvil impulsado por agua. En la entrevista que concedió explicó cómo hacía que su proyecto funcionase. Dijo que muchas personas no se dan cuenta de que cuando conducen un auto convencional de gasolina o diésel, en realidad está funcionando con hidrógeno. Cuando usamos agua, la energía

liberada es aproximadamente 2,5 veces más que la de la gasolina. Sólo había que dar respuesta a tres incógnitas:

- 1) Producción del hidrógeno sin gran gasto de energía.
- 2) Controlarlo sobre demanda y ajustar la velocidad de combustión de  $\text{H}_2$ .
- 3) Detonarlo sin encendido por chispa.

Con su diseño las habían resuelto. Consistía en un inyector de combustible, que reemplazaba la bujía convencional en un motor de combustión interna, conectado a un tanque de agua. Básicamente solo tendría que sacar la gasolina del depósito y llenarlo con agua. Entonces, el agua se transporta directamente a los inyectores que se encuentran en la zona de tensión donde se realiza el proceso de polarización eléctrica, que activa la disociación del hidrógeno. Esto se realiza en el interior del motor, por lo que no se almacena hidrógeno, sino agua que es muy estable y por tanto éste era un sistema muy seguro. Además contaba con un procesador de gas que utiliza el aire del medio ambiente para ionizar los gases que ahora se mezclan con el agua, lo que permite al motor funcionar con la energía termo-explosiva del hidrógeno.



Figura 4. Imagen sacada del video, en la que se puede ver el inyector en manos de Meyer.

Parece ser que Meyer consiguió que fuese viable no solo para el transporte si no también para la industria. Creía que su invento podría ser utilizado en cualquier economía e implantar una nueva fuente de energía, que evitaría enfrentamientos y

subidas en el precio de la energía ya que decía tener la capacidad de producción en masa rápidamente de esta nueva tecnología. Sin embargo el proyecto no tuvo el éxito esperado y Meyer murió el 21 de marzo de 1998 a los 57 años en un restaurante. Según el doctor que lo atendió, su muerte fue debida a un aneurisma cerebral pero muchos siguen creyendo en la posibilidad de que hubiera sido envenenado por las grandes compañías petroleras a las que su invento habría arruinado.

Han pasado ya muchos años desde el invento de Meyer y su muerte y ahora se pueden ver en el mercado coches eléctricos, híbridos, supuestos intentos de los gobernantes para sacar estos proyectos adelante, etc. Todo esto estaría muy bien si no se hubiese inventado ya un coche verdaderamente no contaminante como parece ser que consiguió Meyer.

En septiembre de 2012, se presentó en el Salón de París el llamado Nissan TeRRA, un SUV (Sport Utility Vehicle) de hidrógeno. Es un prototipo de la marca japonesa que utiliza energía eléctrica para moverse, emplea pilas de hidrógeno. Este elemento se encuentra almacenado en el depósito, y en la pila, al combinarse con oxígeno de la atmósfera se convierte en electricidad que mueve al vehículo. Solo se obtiene agua. Ni CO<sub>2</sub>, ni CO, ni óxidos de nitrógeno, por lo que serían mas limpios que los híbridos y los eléctricos.



Figura 5. Prototipo del Nissan TeRRA presentado en el Salón de París. Para más información, [www.nissan.es](http://www.nissan.es)

Después de lo ocurrido con Meyer, podemos pensar que solo tendrá futuro una forma de energía renovable que no cambie

drásticamente el panorama, aunque pueda resultarnos injusto debemos saber que no progresará una tecnología que acabe con las diferencias económicas, no al menos mientras puedan evitarlo los que se benefician de ello.

Pese a lo citado anteriormente, en Islandia se están probando automóviles cuyo único combustible es el hidrógeno. Aquí hay gran cantidad de agua y géiseres que proporcionan calefacción a la ciudad entera. En Islandia la energía fósil solo es consumida por el tráfico y muy pronto debería ser reemplazado por el hidrógeno que se obtiene mediante electrólisis del agua.

Para que el proceso de electrólisis sea totalmente rentable y ecológico, la electricidad necesaria para llevarla a cabo debe proceder de energías renovables como la eólica, solar o en su caso la geotérmica. De esta forma aseguramos que no haya contaminación ya que los coches híbridos y los eléctricos necesitan electricidad, que en su mayor parte procede de centrales contaminantes. Para que esta conversión hacia un mundo mejor pueda producirse, se necesitan estaciones de servicio conectadas a las centrales de energía renovables donde se obtiene electricidad y a partir de ella H<sub>2</sub> que debe llegar a estas estaciones y de ellas a los consumidores. Estas infraestructuras podrían ser construidas por las grandes compañías petroleras para que siguieran teniendo el control ya que de otra forma difícilmente el proyecto avance.

Quizás pueda parecer algo difícil y lejano pero existen los medios y el conocimiento, solo hacen falta ganas de mejorar el medio y la calidad de vida de todos sus habitantes.. Estamos en cuenta atrás, no se puede seguir contaminando o sacando petróleo siempre, es hora de actuar.

<sup>1</sup>.[www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/informe\\_calidad\\_aire\\_2010.pdf](http://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/informe_calidad_aire_2010.pdf)

<sup>2</sup>.[www.wikipedia.org/Wiki/Stanley\\_Meyer#Meyer.27s\\_death](http://www.wikipedia.org/Wiki/Stanley_Meyer#Meyer.27s_death)

<sup>3</sup>.<http://elobservatoriodeltiempo.wordpress.com/2012/08/16/energias-verdaderamente-alternativas-stan-meyer-inventor-del-buggy-que-funcionaba-con-agua/>  
<sup>4</sup>.[www.nissan.es](http://www.nissan.es)

<sup>5</sup>.[www.waterfuelcell.org](http://www.waterfuelcell.org)  
<sup>6</sup>.[www.youtube.com](http://www.youtube.com) 6 videos de: El Hidrógeno-el combustible del futuro



Artículo realizado por  
 Jesús Suárez de la Escalera

## QUÍMICA CON PERSPECTIVA PRÁCTICA

Desde que entramos en la E.S.O. hasta que finalizamos el Bachillerato, somos muchos los alumnos que hemos cursado la asignatura de Química o de Física y Química. Si miramos unos años atrás, palabras como difícil, teórica, aburrida, abstracta son las que la caracterizan creando, en muchos alumnos, la intención de evadir la elección de dicha asignatura.

¿Creéis que piensan lo mismo todos los alumnos? Conoce el proyecto “ANÁLISIS DEL BAJO GUADALQUIVIR, MÁS DE UNA DÉCADA”.

*Palabras clave: guadalquivir, índice de calidad del agua (I.C.A.), estudiantes E.S.O, estudiantes bachillerato, enseñanza*

Aunque parezca mentira, son muchos los alumnos que acceden a titulaciones universitarias de ciencias sin haber cursado durante los estudios obligatorios asignaturas como Física y Química de 3º, 4º de E.S.O y de 1º de Bachillerato; como la asignaturas de Física o Química de 2º Bachillerato.

La razón se encuentra en que el sistema educativo actual permite, a lo largo de varios cursos de estudios obligatorios y optativos, a los alumnos elegir entre varias asignaturas entre las cuales se encuentran éstas.

Si retrocedemos unos años atrás, nosotros mismos, recordamos dichas asignaturas como difíciles, teóricas, aburridas o abstractas. Es obvio que muchos de nosotros hubiéramos modificado nuestro itinerario de estudios si nos hubieran permitido dicha elección, ya que a dichas edades se suele buscar aquello caracterizado por “fácil” y “llamativo”.

Actualmente, numerosos profesores de áreas científicas, intentan hacer atractiva dicha asignatura con el objetivo de eliminar las ideas negativas que lleva asociada la palabra “Química” e impulsar una mejora de la calidad de la educación. Para ello se desarrollan actividades y proyectos en los que se acerca la química al alumno desde un punto de vista práctico y cercano a su vida y entorno.

“Análisis del bajo Guadalquivir, más de una década” es uno de los proyectos que trabajan en dicha área y que ha merecido el reconocimiento, por el, entonces, ministro de educación Ángel Gabilondo (07/03/2011), al mejor trabajo dentro de los premios “Giner de los Ríos” otorgándole una cierta dotación económica.



Figura 1. Acto de entrega de los premios Giner de los Ríos 2011<sup>1</sup>.

Durante mi periodo de prácticas en el Máster Universitario del Profesorado en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas en el IES Murillo tuve la oportunidad de involucrarme en dicho proyecto en el que varios institutos de la provincia de Sevilla se encuentran implicados.

El proyecto *“Análisis del bajo Guadalquivir; más de una década<sup>2</sup>”*, orientado al alumno entre 4º E.S.O. y 2º Bachillerato, tiene como objetivo la determinación del índice de calidad del agua (I.C.A.) del río Guadalquivir. Para ello, nos adentramos en este río con ayuda de un barco donde 9 paradas desde Sevilla hasta Sanlúcar de Barrameda (1-Torre del oro, 2-Esclusa, 3- Punta del verde, 4-Coria-Puebla del Río, 5-Guadaira, 6-La Horcada, 7-Tarfia, 8-Brazo del Noroeste (Guadimar), 9-Las salinas) nos permitieron tomar las correspondientes muestras y proceder a la determinación de parámetros físicos y químicos (Cualitativo y Cuantitativo) que tras cierto periodo de análisis nos mostró el valor de dicho índice (I.C.A.).



Figura 2. Río Guadalquivir a su paso por la torre del oro (Sevilla)<sup>3</sup>.

Los parámetros, más relevantes, determinados son:

- Profundidad
- Zona fótica
- Temperatura
- Densidad
- pH
- Salinidad global
- Oxidabilidad
- Dureza
- Calcio
- Magnesio
- Plomo
- Cobre
- Hierro
- Zinc
- Amonio
- Nitratos
- Nitritos
- Fosfatos
- Sulfatos
- Cloruros
- Carbonatos
- Bicarbonatos
- Coliformes
- Pigmentos fotosintéticos



Figura 3. Tarjeta identificativa para los participantes del proyecto.

Muchos nos podemos preguntar cómo los alumnos, a dichas edades, son capaces de realizar todas las determinaciones, cualitativas y cuantitativas, anteriormente descritas. Para ello se requiere trabajo y esfuerzo que durante todo un curso los alumnos desarrollan en la asignatura denominada “Proyecto integrado de Física y Química” impartido en el instituto Murillo para los alumnos de 1º de Bachillerato.

En dicha asignatura los alumnos asisten al laboratorio del centro donde realizan todas las determinaciones anteriormente descritas con ayuda del profesor el cual, se encarga

de explicarles el procedimiento y fundamento de las determinaciones. Gracias a ello se consigue que los alumnos adquieran las habilidades y competencias necesarias, tanto con la metodología como con el material, para proceder de forma satisfactoria durante la salida al río Guadalquivir.

Con todo ello se consigue despertar, en los alumnos, la curiosidad por temas de ciencia y difundir una idea de la Química que se aleja de un ámbito meramente teórico y aburrido observando la aplicabilidad de muchos de los conceptos estudiados a su vida cotidiana.

Aunque la Química siga siendo una asignatura compleja, os aseguro que una perspectiva práctica hace cambiar la actitud o concepción de los alumnos sobre ésta. Esta es la razón por la que muchos alumnos, a pesar de su dificultad, sienten pasión e interés por aquello que rodea a esta rama de la ciencia procediendo libremente a su elección para cursos posteriores de estudios obligatorios y no obligatorios.

Referencias:

<sup>1</sup>.<http://www.educacion.gob.es/horizontales/prensa/actualidad/2011/03/premio-giner.html>.

<sup>2</sup>.<http://es.scribd.com/doc/31188477/Analisis-Quimico-de-Las-Aguas-Modo-de-ad>

<sup>3</sup>.<http://www.flickr.com/photos/29280961@N03/6252794839/>



## NECESIDAD DE SOMBRA

Artículo realizado por Lic.  
Jorge Luis Álvarez Valcárcel

**Ruptura del equilibrio medioambiental a partir de la acción del hombre desde los inicios de la especie humana hasta la actualidad y necesidad de crear una conciencia ambientalista para proteger ese medio del cual el hombre es parte y no espectador.**

**Palabras clave:** *medio ambiente, equilibrio, interacción, daños, conciencia*

Una lectura desprovista de cualquier tipo de fanatismo y con la visión del escaso conocimiento científico existente en la época en que fueron escritos los textos de la Santa Biblia, me hace reflexionar acerca de lo referente a la existencia del Jardín del Edén o Paraíso Terrenal con el que Dios recompensó a la primera pareja humana, Adán y Eva.

Desde mi punto de vista pienso que la interpretación de estos textos no puede hacerse de forma literal, o sea, debe hacerse desde la óptica de una parábola llena de

sabiduría que tenemos que saber interpretar, por ejemplo, con relación a la existencia del árbol de la ciencia, del bien y del mal, del cual Dios les advirtió que no podían probar de sus frutos y que fue violada esa prohibición pues pensaron ellos que probando de su fruto podían estar más cerca de Dios, o al menos, alcanzar la sabiduría de éste, pues bien ¿qué mensaje me están transmitiendo con esta descripción?

En primer lugar el hombre como ser humano fue insertado en el medio natural llamado Paraíso Terrenal: Nuestro Planeta

Tierra, del cual forma parte y como tal interactúa dentro de él con cada uno de sus componentes bióticos y abióticos.

En segundo lugar el probar la fruta prohibida se refiere a que debido a su propia naturaleza el hombre comenzará a tener acceso al conocimiento científico, el cual pondrá a su disposición para modificar su medio natural, nuestro Paraíso Terrenal, en el bien propio sin preocuparse si le hace daño o no a ese medio natural.

En otras palabras, desde que el hombre comenzó a pensar y a actuar como hombre, comenzó su ataque despiadado al medio natural con que Dios nos recompensaba, digamos, los incendios que tenían lugar en la naturaleza provocados por la caída de rayos o por las erupciones volcánicas o por sequías en determinados lugares, son eventos naturales que vienen “programados” y “equilibrados” con otros que revertían esta situación: luego de la devastación causada por una erupción volcánica esa tierra se convertía en una tierra más fértil que la que existía antes de la erupción, la caída de rayos viene acompañada generalmente de lluvias que ayudan a la fertilidad de los suelos y a compensar las posibles sequías, e incluso para sofocar algún que otro incendio forestal, en fin todo actúa en función de una maquinaria bien engrasada y engranada, pero qué sucedió con el hombre cuando, por ejemplo, comenzó a dominar el fuego, sencillamente comenzó a llenar de gases no deseados a la atmósfera producto de esa combustión en una cantidad ya no “programada”, iniciando la ruptura de ese equilibrio ecológico en el cual estamos

insertados como un componente más y no como un usuario u observador de esos eventos.

A partir de que el hombre comenzó con sus excesos innovadores de más de una revolución industrial, el daño causado a la naturaleza ha sido enorme, al extremo de que hay quienes (los más pesimistas) piensan que el daño ya es irreversible, lo que si está claro es que los cambios climáticos son evidentes, desde la elevación de la temperatura ambiental (calentamiento global), el efecto invernadero, la reducción de la capa de ozono, el incremento en frecuencia e intensidad de los huracanes, terremotos, tsunamis, hasta las intensas sequías por un lado y enormes precipitaciones por otro lado y no es muy descabellado pensar que son consecuencia de la acción humana; si a esto se le suma la tala indiscriminada en bosques y de aquellos árboles que no forman parte de los bosques como son los ciudadanos, esos que adornan nuestros parques, avenidas y calles y que nos brindan ese oxígeno que necesitamos para vivir, actuando como verdaderos filtros naturales de la atmósfera y proveyéndonos de la tan ansiada sombra, sobre todo en los meses de verano que cada vez son más calurosos. Los menos pesimistas, entre los que me encuentro, pensamos que aún es tiempo de revertir esta situación creando en el hombre moderno una conciencia ambientalista, haciéndolo sentir parte del medio ambiente y no un mero espectador como en muchas ocasiones sucede, no perdamos mas tiempo...¡Hagámoslo!.





Artículo realizado por  
Celia Martín Cuevas

## EL CALCIO... ¿SÓLO ESTÁ EN NUESTROS HUESOS?

**El artículo siguiente trata sobre el elemento calcio (Ca). A continuación se detallan sus propiedades químicas, aplicaciones en diversos sectores, obtención biológica, toxicidad y funciones.**

**Como aportación personal está incluido un experimento casero sencillo sobre el proceso de descalcificación de un hueso con vinagre.**

*Palabras clave: calcio, elemento, aplicaciones, toxicidad, funciones*

### 1. Propiedades químicas:

El calcio (Fig.1) es un metal alcalinotérreo, cuyo número atómico es el 20. Su configuración electrónica es la siguiente:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ .

El calcio posee distintos isótopos, de los cuales 6 son estables y otros son radioactivos. Es un metal maleable y dúctil, que puede encontrarse en el medio interno de los organismos (ion calcio ( $Ca^{2+}$ )) o formando parte de otras moléculas.



Figura 1: Calcio en estado mineral

### 2. Aplicaciones:

Las aplicaciones de este elemento son mucho más diversas de lo que pensamos: se utiliza como agente reductor y de aleación en la extracción de otros metales, así como

en la producción de los mismos. Otra de sus aplicaciones es la de desoxidante, desulfurizador o decarburizador, aunque quizás la más conocida sea su aplicación en muchos productos lácteos o medicamentos para el refuerzo de los huesos humanos; de esta manera se evitan enfermedades como la osteoporosis. Por lo tanto, un vaso de leche en cada desayuno es imprescindible o, en su defecto, una dieta rica en queso para el que no le guste la leche.

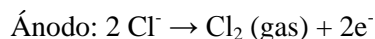
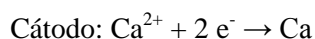
El calcio también es utilizado para la fabricación de cemento en el sector de la construcción. ¿Quién hubiera dicho que nuestros huesos son semejantes a las estructuras de las casas? Los romanos ya utilizaban el calcio en la preparación de morteros para la construcción de casas.

De manera más concreta, el óxido de calcio se utiliza en arcos de luz de alta intensidad y como agente deshidratante industrial; por otra parte, el hidróxido de calcio es útil para romper roca o madera. Otro compuesto muy utilizado es el carbonato de calcio, que sirve como carga para papel y plásticos en la industria química básica, en la de pinturas y adhesivos, en la del vidrio, en

cerámica, en la cosmética y en la industria farmacéutica.

### 3. Obtención biológica

El metal se obtiene por electrólisis del cloruro de calcio fundido. No suele encontrarse en la naturaleza como elemento libre, sino que está en su forma mineral:



### 4. Toxicidad:

El calcio de los alimentos se absorbe en el intestino delgado (solo el 20% - 30% del calcio ingerido). El mineral que no se absorbe se elimina, ya sea por las heces o por la orina y el sudor.

En comparación con otros metales, los niveles de toxicidad del calcio son relativamente bajos, lo que no es especialmente extraño dada la gran cantidad de calcio presente en el medio y en los distintos organismos.



Figura 2: Deficiencia de calcio en los huesos

La ingesta diaria recomendada para la población adulta es de unos 800 mg/día. De la misma manera que la deficiencia del calcio (Fig.2) en nuestro organismo puede causar diversas enfermedades (puede detener el crecimiento de los huesos), el exceso del mismo también puede ser dañino para nuestro organismo.

Una ingesta elevada de calcio y la presencia de un elevado nivel de vitamina D, puede

producir hipercalcemia, que favorece a la calcificación excesiva en huesos y tejidos blandos.

La consecuencia más conocida del exceso de calcio son los cálculos renales o piedras en el riñón. Su deficiencia también puede provocar sensaciones musculares anormales, así como contracciones o convulsiones.

La falta de calcio puede causar también pérdida de apetito, vómitos o estreñimiento. Por último, puede causar una deficiente coagulación en la sangre.

Si la cantidad de calcio en nuestro organismo es tan importante, deberíamos tener más cuidado con lo que comemos. Una dieta equilibrada en calcio nos evitará problemas. Por ejemplo, pescados como la sardina o el caviar son alimentos muy ricos en calcio, pero no debemos abusar de ellos.

### 5. Funciones:

El calcio cumple diversas funciones en los organismos (Fig.3). Las principales son las citadas a continuación:

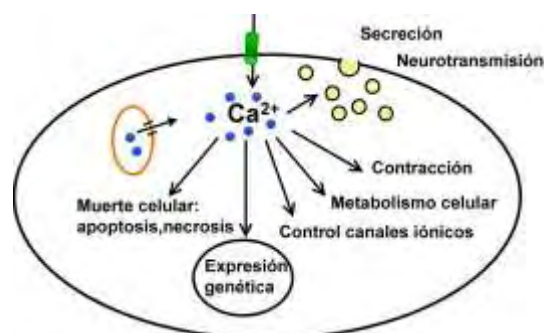


Figura 3: Funciones del calcio.

- Formación de los huesos y de los dientes.
- Participación en la contracción muscular y adherencia celular.
- Transmisión del impulso nervioso.
- Coagulación sanguínea.

-Función de transporte de las membranas celulares, actuando como un estabilizador de la membrana.

-Regulación de algunas enzimas quinasas que realizan funciones de fosforilación.

-Participación en la integridad de las mucosas.

#### 6. Experimento casero

Podemos realizar un experimento sencillo para observar la descalcificación de un hueso. Para ello introducimos un hueso de pollo en vinagre durante 15 días, cambiando el vinagre cada 5 días. Antes de realizar el experimento, el hueso era resistente, pero tras reposar 15 días en vinagre, éste se vuelve blando y maleable.

¿Por qué ocurre esto?

El hueso pierde su rigidez ya que el vinagre contiene ácido acético, que disuelve las sales de calcio del hueso (fosfatos y carbonatos de calcio). Al perder estas sales, que dan rigidez al hueso, solo quedan los

tejidos orgánicos que son blandos, y el hueso termina siendo elástico.

En conclusión, el calcio es un metal alcalinotérreo con muchas aplicaciones, más diversas de lo que pensamos. Su obtención no es directa, sino que se extrae del cloruro de calcio y, a pesar de que sabemos que este elemento forma parte de nuestros huesos, puede llegar a ser tóxico. Finalmente, aunque pensemos que el calcio únicamente refuerza nuestros huesos desde pequeños, este elemento realiza muchas más funciones biológicas.

*Monografías.com*

*Pubmed*

*Revistabioanálisis.com*

*Wikipedia.org (versión inglesa)*

*Natudelia.com*

*Saludbio.com*

*Vitonica.com*

*Ciencia.cl*



*Artículo realizado por  
Jesús Pérez López*

## OXÍGENO: LA MOLÉCULA VITAL Y DESTRUCTIVA

**El oxígeno es un elemento químico con una gran reactividad. Y presenta una doble cara: la primera es “positiva”, forma parte de la capa de ozono además de las moléculas orgánicas e interviene en el metabolismo aeróbico... por lo que se convierte en un elemento vital. Sin embargo, esa reactividad le otorga un lado “oscuro” debido a su alto poder corrosivo, que le permite tener la capacidad de deteriorar una gran cantidad de materiales.**

***Palabras clave: ozono, CFC (clorofluorocarbonos), electronegatividad, corrosión, electrolito***

El oxígeno se sitúa en el grupo de los anfígenos cuya configuración electrónica

externa es  $2s^2 2p^4$ , es un no metal altamente reactivo y un gran agente oxidante, siendo

el tercer elemento más abundante del universo después del hidrógeno y el helio. Es un constituyente de la mayor parte de las moléculas biológicas e interviene en el metabolismo aeróbico, abunda en la corteza terrestre unido a otros materiales y en la atmósfera, dónde se encuentra en forma biatómica o triatómica (ozono) está última forma la capa de ozono, uno de los temas de este artículo.

El ozono es un gas formado por 3 oxígenos unidos por enlaces covalentes, este gas es altamente reactivo lo que hace que sea un gas muy tóxico cuando se encuentra en la troposfera (10%). Cuando es respirado puede causar dolores de cabeza, irritación de ojos, mucosas, pulmones, tos, dolor en el pecho, etc. Se produce en procesos biológicos, en los volcanes, tormentas... pero sus niveles se han incrementado con la actividad humana. Pero la mayor parte del ozono se encuentra en la estratosfera (15-40 km) formando la capa de ozono.

La capa de ozono es un “escudo” que absorbe entre 97% y 99% de las radiaciones nocivas del Sol, transformándolos en energía calorífica, lo que explica que la temperatura de esta capa de la atmósfera aumente con la altitud. Estos mecanismos fotoquímicos fueron estudiados por el físico inglés Sydney Chapman en 1930.

El ciclo del ozono: La formación del ozono de la estratosfera terrestre es catalizada por los fotones de luz ultravioleta que al interaccionar con las moléculas de oxígeno gaseoso (biatómico), las separa en los átomos de oxígeno constituyentes.

El oxígeno atómico se combina con aquellas moléculas de oxígeno que aún permanecen sin disociar formando moléculas de ozono.

Este vuelve a absorber fotones de luz ultravioleta dando lugar a una molécula de oxígeno y a un átomo de oxígeno libre que

terminará por unirse al oxígeno molecular formando de nuevo ozono. Durante la noche el oxígeno monoatómico se combina con el ozono para formar una molécula de oxígeno biatómico.



Figura 1. Dibujo que simboliza el efecto protector de la capa de ozono y como los CFC destruyen el ozono. Fuente propia.

Este ciclo se mantenía en equilibrio hasta el aumento de la concentración de CFC, una sola molécula de estas puede estar destruyendo ozono durante miles de años, ya que son moléculas muy estables.

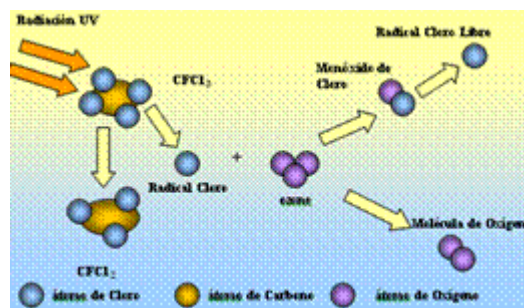


Figura 2. Ciclo de destrucción del ozono mediante moléculas de CFC. Fuente: <http://www.elgeomensor.cl>

La radiación UV libera un átomo de cloro (catalizador) del CFC, éste reacciona con el ozono formándose monóxido de cloro y oxígeno. El primero reacciona con un átomo de oxígeno, generando una molécula de oxígeno y el cloro es liberado. Se vuelve a iniciar este ciclo de destrucción, creándose así el agujero de la capa de ozono situado hoy sobre la Antártida. En un intento de evitar el aumento de ese agujero y sus nefastas consecuencias por el aumento

de la entrada de radiaciones se reunió la Asamblea General de las Naciones Unidas el 16 de septiembre de 1987, firmando el Protocolo de Montreal. En 1994, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el día 16 de septiembre como el Día Internacional para la Preservación de la Capa de Ozono.

El oxígeno y la corrosión: el oxígeno es el elemento más electronegativo (propiedad muy relacionada con las reacciones redox) después del flúor, lo que significa que presentará una gran tendencia a atraer hacia sí los electrones de casi cualquier otro elemento oxidándolos, de ahí su poder corrosivo.

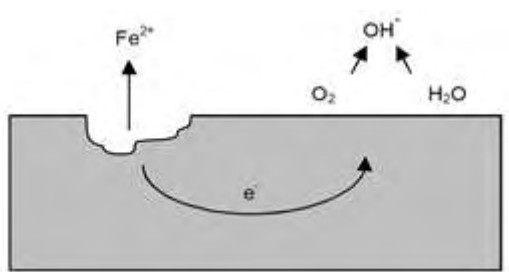


Figura 3. Ejemplo de corrosión. Fuente: <http://es.wikipedia.org>

La corrosión es una reacción de oxidación-reducción en la que intervienen tres factores: el material, el ambiente y el agua. Es un problema industrial y económico. Se calcula que cada pocos segundos se disuelven 5 toneladas de acero en todo el mundo.

La corrosión es provocada por un flujo eléctrico masivo generado por las diferencias químicas entre las piezas implicadas, es por tanto un fenómeno electroquímico, ya que en la superficie del metal se forman “micropilas galvánicas” en las que la humedad actúa como electrolito.

La especie que cede los electrones se dice que se comporta como ánodo (oxidación) y la que los recibe se comporta como cátodo (reducción), todo este flujo de electrones se debe a una diferencia de potencial entre un

punto y otro. Se distinguen dos procesos: la oxidación directa y la corrosión electroquímica o corrosión en líquidos.



Figura 4. Barco oxidándose. Fuente: <http://www.taringa.net>

La oxidación directa resulta de la combinación de los átomos metálicos con los de la sustancia agresiva. ej:  $Fe + O_2 \rightarrow FeO$  (herrumbre-óxido). Esto lleva a que el metal con el tiempo pase de tener un estado libre puro a estar combinado con otros elementos. En algunos casos se forman películas protectoras que lo aíslan. El caso más corriente es el ataque por oxígeno. En este caso, sobre el metal se forma una capa de óxido que, en algunos casos autoprotege al metal de una mayor oxidación. Los metales pasan de su estado elemental a formar cationes por pérdida de electrones. El proceso de oxidación se acelera si la temperatura se eleva.

La corrosión electroquímica es una corrosión en líquidos en la que éste actúa como electrolito, medio conductor a través del cual viajan las cargas.

El oxígeno en la capa de ozono junto con su alto poder corrosivo hace que este elemento sea muy especial por la capacidad de dar vida, mantenerla y protegerla, al mismo tiempo que tiene la capacidad de destruir o degradar casi cualquier tipo de material o incluso organismos (envejecimiento) al oxidarlos.

<http://www.textoscientificos.com>

<http://es.wikipedia.org>

<http://quimica.laguia2000.com>  
centros5.pntic.mec.e

Libro: ciencias de la tierra y medioambientales  
2ºBPO editorial ANAYA de Nicolás Rubio, Juan  
Manuel Roiz.



Artículo realizado por  
Alina Georgiana Ioja

## METAL NOBLE

**Con un solo gramo de paladio se puede hacer un cable de 2 km de largo. Es el metal más precioso que existe y también el más resistente entre ellos. La totalidad de las extracciones realizadas desde su descubrimiento cabrían en una habitación normal. Se necesitan unas dos toneladas de mineral para obtener suficiente metal puro para hacer un anillo. El paladio se ha utilizado como un metal precioso en joyería desde 1939, como una alternativa al platino u oro blanco. A pesar de todas estas sorprendentes cualidades el paladio goza de poca difusión en la vida cotidiana. Conozcámoslo un poco más.**

**Palabras clave:** catalizador, supermaterial, nobel de química, nanopartículas de Pd, química click

El paladio (Pd) es el metal de transición de número atómico 46, blando, dúctil, maleable y poco abundante. Se encuentra en estado metálico aleado con otros metales de su grupo y raras veces puede aparecer en estado nativo.

El paladio se puede extraer, aunque la cantidad producida es insignificante, de combustibles nucleares y los reactores de fisión nuclear permiten su producción. El paladio no se oxida con el aire y en condiciones adecuadas puede absorber 900 veces su volumen de hidrógeno. Aumentando la temperatura y reduciendo la presión, el hidrógeno se libera. Este comportamiento hace que el paladio pueda actuar como una membrana semipermeable dejando pasar el hidrógeno pero no otros gases.

El Pd se emplea principalmente como catalizador homogéneo y en aleaciones en

la joyería (el oro blanco es oro aleado con paladio que lo decolora). Emplear el paladio en joyería es muy raro, ya que su costo es más elevado que el oro.

Más de la mitad de la oferta de paladio entra en los convertidores catalíticos, que convierten hasta el 90% de gases nocivos de escape de los automóviles en sustancias menos nocivas. Se encuentra en muchos productos electrónicos como ordenadores, teléfonos móviles, televisores SED/OLED/LCD. También tiene numerosas aplicaciones en odontología, en medicina (en las tiras reactivas para comprobar los niveles de azúcar en la sangre), en las pilas de combustible o en fertilizantes nitrogenados.

Debido a su inercia química y a su alto punto de fusión, el paladio se utiliza aleado normalmente con algo de iridio (Ir), en la construcción de aparatos de laboratorio

como crisoles, platos de combustión, evaporadores, pinzas y platos de evaporación.

Científicos estadounidenses y canadienses han creado el material más resistente y fuerte conocido hasta la fecha. Es un vidrio metálico compuesto principalmente por paladio (90%) y otros elementos como: plata, germanio, silicio y fósforo.



Figura 1. Este nuevo 'supermaterial' es extraordinariamente fuerte y tan resistente como el acero, por ser posible su deformación antes de quebrarse.

El mayor inconveniente del nuevo material es su precio. Su compuesto principal, el paladio, vale más de 19.000€/kg así que de momento sólo tendrá aplicaciones médicas, como la curación de fracturas óseas.

En 2010 tres investigadores compartieron el premio Nobel de química. Todos ellos fueron galardonados por el desarrollo de un método químico llamado **“acoplamiento cruzado catalizado por paladio”** que ha permitido a los científicos crear de forma eficiente cadenas de átomos de carbono.

Todo en la naturaleza se fundamenta en moléculas basadas en el carbono. Entender cómo se sintetizan ha permitido a los científicos crear “andamios” sobre los que construir moléculas con funciones y propiedades específicas tales como medicinas o plásticos. Pero la elaboración de estos andamiajes no es una tarea sencilla ya que los átomos de carbono son muy estables y no reaccionan fácilmente entre si.

Los tres galardonados encontraron formas de usar el paladio como catalizador de reacciones entre los átomos de carbono, evitando además que en el proceso se produjesen sub-productos no deseados.

El desarrollo de procesos químicos con un impacto ambiental mínimo se ha convertido en un área de gran interés en la comunidad científica. Entre los catalizadores solubles en agua, las nanopartículas metálicas han atraído la atención de los investigadores en los últimos años. Así, las nanopartículas de Pd(0) solubles en agua son buenos catalizadores en diversos procesos orgánicos, principalmente en hidrogenaciones, oxidaciones y reacciones de acoplamiento cruzado para formar enlaces C-C.

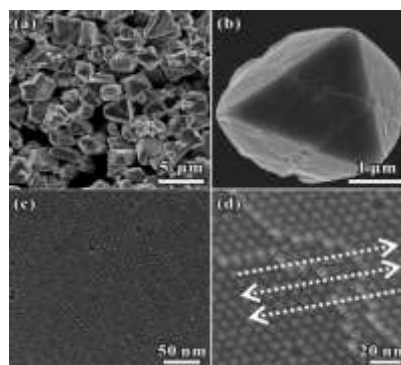


Figura 2. Imagen de SEM de la red 3-D de nanopartículas de Pd. (a) cristales de nanopartículas de Pd (b) cristal octaédrico, (c) superficies de nanopartículas (d) superficie ampliada.

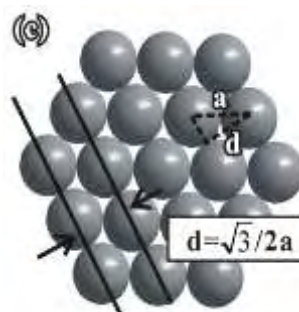


Figura 3. Modelo atómico de la estructura de empaquetamiento compacto de las nanopartículas de Pd.

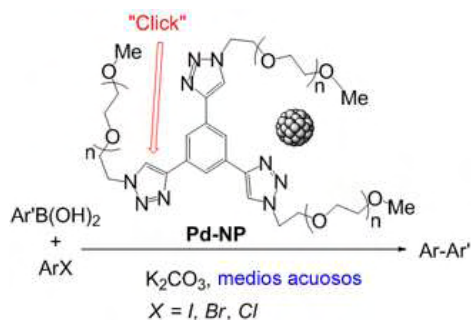


Figura 4. La "química click" consiste en la unión de módulos moleculares pequeños para formar estructuras concretas mayores de una manera más rápida y eficiente.

Así por ejemplo la preparación de nanopartículas de paladio solubles en agua estabilizadas por un compuesto polioxietilenado, sintetizado mediante la metodología de "química click" actúa como catalizador reciclable en la reacción de acoplamiento cruzado de Suzuki en medio

acuoso entre yoduros, bromuros, cloruros de arilo y ácidos arilborónicos.

#### Referencias

<sup>1</sup><http://www.uab.es/servlet/Satellite?cid=1096481466568&pagename=UABDivulga%2FFPage%2FTemplat ePageDetallArticleInvestigar&param1=1300693880162>

<sup>2</sup><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3462717/>

<sup>4</sup>Water-soluble palladium nanoparticles: Click synthesis and application as recyclable catalyst in Suzuki Cross-Couplings in aqueous media". Nereida Mejias, Roser Pleixats, Alexandr Shafir, Mercedes Medio, Gregorio Asensio. *Eur. J. Org. Chem.* 2010, 5090-5099.

<sup>3</sup>Figura 1: <http://www.elmundo.es/elmundo/2011/01/10/ciencia/1294654709.html>

<sup>6</sup>Figura 2 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3462717/figure/F4/>.

<sup>7</sup>Figura 3 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3462717/figure/F5/>.

<sup>8</sup>Figura 4 <http://www.uab.es/servlet/Satellite?cid=1096481466568&pagename=UABDivulga%2FFPage%2FTemplatePageDetallArticleInvestigar&param1=1300693880162>



## DESTRUCTORES DE LA CAPA DE OZONO: EL CLORO

Artículo realizado por  
Blanca de Alarcón Gómez.

**La química del cloro es la principal causante del agujero de la capa de ozono. Con la introducción de los clorofluorocarbonos (CFCs), los niveles de gases destructores del ozono atmosférico, como el cloro, aumentaron notablemente.**

**Palabras clave:** gases CFC, cloro, capa de ozono

Los clorofluorocarbonos (CFCs) son una familia de compuestos orgánicos sintéticos derivados del metano o etano, en los que los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos de flúor, cloro y/o bromo, lo que aporta una enorme estabilidad a la molécula. Estos compuestos inciden sobre la capa estratosférica de ozono (O<sub>3</sub>), disminuyendo la concentración de éste.

Su importancia como destructores radica en la larga vida estratosférica que poseen gracias a su estabilidad frente al radical OH. Como se observa en la figura 1, una vez en la última capa, la incidencia de los rayos ultravioletas favorece la fotólisis de los enlaces de los gases, produciendo diversas reacciones. En ellas, el cloro contenido en los CFCs reacciona con el ozono, liberando oxígeno molecular y óxido de cloro. De esta



forma, al regenerarse el átomo de cloro, se va reduciendo poco a poco el ozono existente.

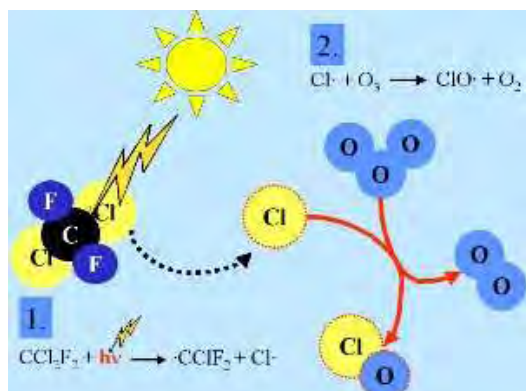


Figura 1. Reacciones del cloro en la estratosfera. Foto por Dr. Elmar Uherek - MPI for Chemistry, Mainz.

Sin embargo, no todo el cloro es reciclado. Los radicales  $\text{Cl}^\cdot$  y  $\text{ClO}^\cdot$  pueden ser eliminados al combinarse con las llamadas “especies de reserva”. Se trata de óxidos de nitrógeno que actúan como sumideros para estos radicales, donde el cloro queda inactivo, y por tanto, no reacciona con el ozono. Estas sustancias permanecen en estado gaseoso y pueden ser eliminados lentamente en la estratosfera.

¿Cómo producen entonces el famoso agujero en la capa de ozono? Este fenómeno se observa claramente en determinadas condiciones especiales.

Una de ellas es la creación de un vórtice polar a partir de vientos huracanados que girarían en círculo en torno al Polo Sur y aislarían la atmósfera, impidiendo el intercambio de gases con regiones cercanas durante el invierno antártico. Junto con la ausencia de luz solar, produciría temperaturas muy bajas y una circulación vertical del aire que generaría las denominadas nubes estratosféricas polares en cuya composición se encuentra el ácido nítrico, formado a partir de óxidos de nitrógeno y radicales hidroxilo. En

consecuencia, se produce una desnitrificación de la atmósfera. La ausencia de dióxido de nitrógeno (la especie reserva), impide la formación de nitrato de cloro y provoca la formación de ácido nítrico y cloro molecular. Es así cómo, durante la primavera, la incidencia de los rayos ultravioleta disocian las moléculas de cloro, favoreciendo las reacciones que disminuyen la cantidad de  $\text{O}_3$ .

Como se observa en la figura 2, el ozono atmosférico desciende considerablemente en la Antártida durante los meses con más incidencia solar.

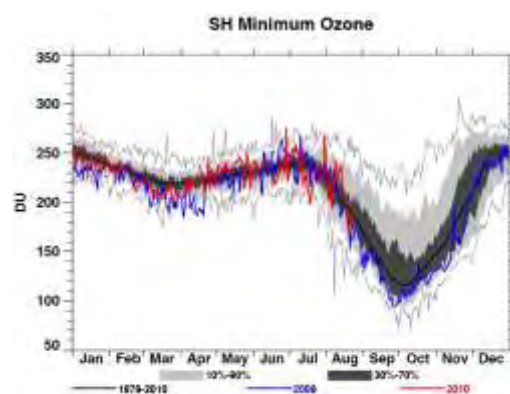


Figura 2. Reducción del ozono atmosférico en la Antártida, acentuado durante el invierno austral.

No obstante, recientes investigaciones declaran que grandes erupciones volcánicas, hace millones de años en Nicaragua, podrían haber arrojado grandes cantidades de gases que debilitarían la capa de ozono. Si una erupción de tal dimensión ocurriera en la actualidad, se prevé que lanzaría el doble de cloro que hoy por hoy existe en la estratosfera.

A esta conclusión ha llegado un equipo de vulcanólogos tras un estudio con el que pretendían conocer mejor dichas erupciones volcánicas y sus consecuencias para la atmósfera global. Los resultados de esta investigación muestran que la cantidad de cloro y bromo liberada entonces fue

suficiente como para afectar a la capa de ozono.

Las consecuencias que se derivan de la disminución de ozono en la Tierra son enormes. El efecto directo que produce una reducción de esta importante molécula es el aumento de la radiación ultravioleta que alcanza la superficie terrestre. Este hecho afecta al ser humano de diversas maneras: desde las afecciones oculares como cataratas, hasta cáncer de piel o debilitamiento del sistema inmunológico en general.

La repercusión no sólo abarca el ámbito humano. Perjudica los ecosistemas marinos, al destruir el fitoplacton, base de todas las cadenas alimentarias marinas; así como una mayor incidencia de necrosis en vegetales. Por lo tanto, el resultado del agujero en la capa de ozono provocaría un desequilibrio ecológico en todos los ámbitos que no sólo resulta en daños directos a la salud, si no al sector económico también, con una menor producción agraria y pesquera.

El ozono juega un papel extremadamente necesario al proteger la Tierra de los rayos ultravioletas. Con la firma del protocolo de Montreal en 1987 se consiguió que los niveles de CFCs incluidos en electrodomésticos y aerosoles disminuyeran notablemente. A pesar de que aún, a día de hoy, los niveles de cloro atómico son altos en algunos lugares del planeta, se prevé que para el 2050 se habrán recuperado los niveles originales de ozono en la atmósfera.

<sup>1</sup>[http://www.atmosphere.mpg.de/enid/74e6520e6ed573bbc7a4d59e071b606b,0/2\\_\\_Ozono/\\_CFC\\_y\\_HCFC\\_350.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/74e6520e6ed573bbc7a4d59e071b606b,0/2__Ozono/_CFC_y_HCFC_350.html)

<sup>2</sup><http://www.conciencia-animal.cl/paginas/temas/temas.php?d=320>

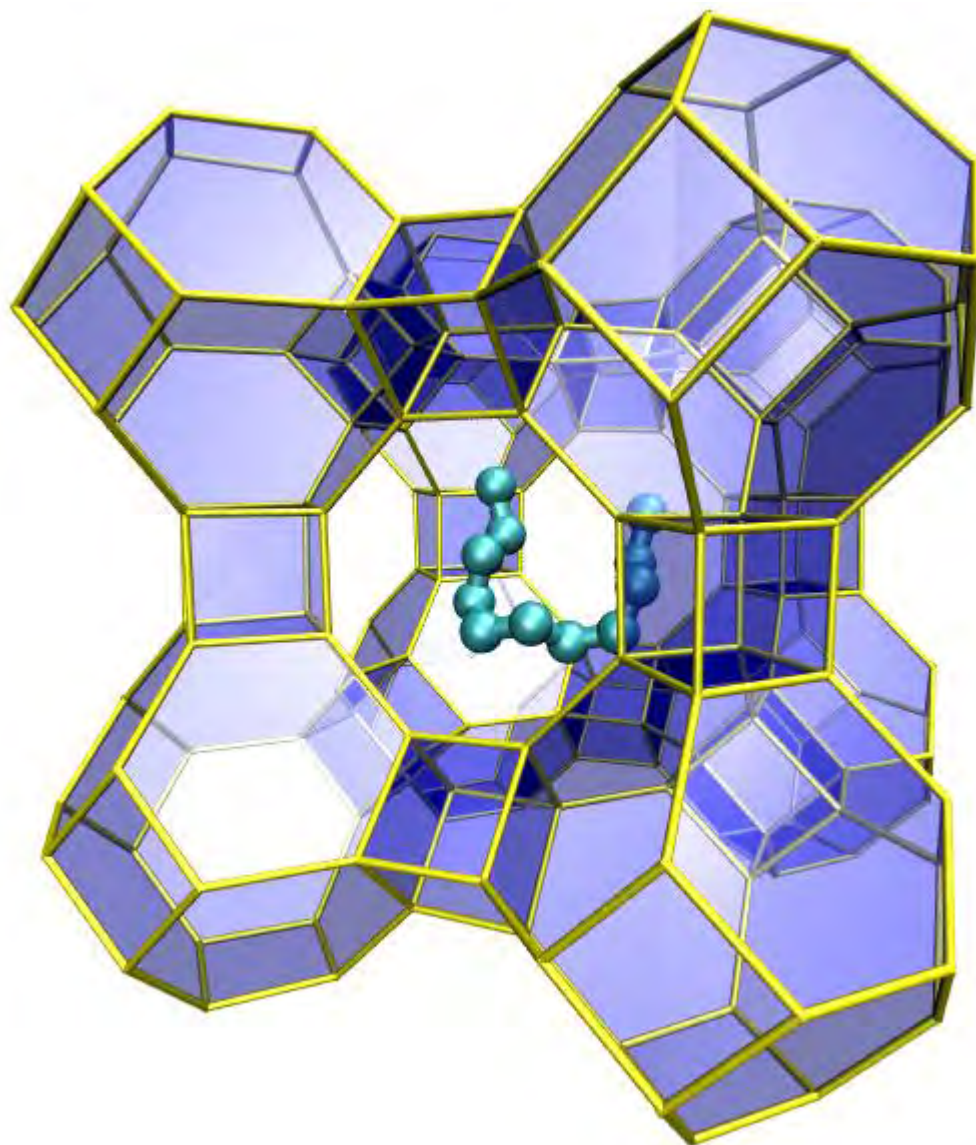
<sup>3</sup>[http://noticiasdelaciencia.com/not/4737/danos\\_temporales\\_en\\_la\\_capa\\_de\\_ozono\\_por\\_culpa\\_de\\_ciertos\\_gases\\_volcanicos/](http://noticiasdelaciencia.com/not/4737/danos_temporales_en_la_capa_de_ozono_por_culpa_de_ciertos_gases_volcanicos/)

<sup>4</sup>Pubmed.

<sup>5</sup><http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/meteorology/index.html>

<sup>6</sup>[http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Medio+Ambiente/Calidad+del+aire/Informacion/Contaminantes/Clorofluorocarbonos](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Calidad+del+aire/Informacion/Contaminantes/Clorofluorocarbonos)

## *MOLEOLA CRISTALINA*





## EL VIDRIO DE NEODIMIO Y SUS APLICACIONES

Artículo realizado por  
Carlos Salas Sierra

**El neodimio es conocido fundamentalmente por ser el componente principal de los imanes más fuertes conocidos hasta ahora. Sin embargo, su empleo en la coloración del vidrio es cada vez más extendido, debido a que se están descubriendo continuamente nuevos usos para dichos vidrios, usos que van desde la más alta tecnología hasta la decoración.**

**Palabras clave:** *Coloración, espectro de absorción, óxido-reducción, láser, calibración.*

El neodimio lleva usándose para la tinción de vidrios desde 1927, cuando se consiguió purificar completamente. Fue entonces cuando Leo Moser comenzó a experimentar con este elemento. La coloración del vidrio se realizó mediante la inclusión de óxido de neodimio ( $\text{Nd}_2\text{O}_3$ ) en la masa fundida. El resultado fue el denominado “Cristal de Alejandrita”, cuyo éxito fue tan grande que otras cristalerías intentaron emular el vidrio de neodimio. La razón de este éxito fue que tenían una propiedad muy apreciada por los coleccionistas: el cambio de color.

Este extraño fenómeno se produce cuando se expone el vidrio de neodimio a diferente iluminación. Los colores que presenta van desde el púrpura hasta el amarillo, pasando por el gris y el azul. En el caso anterior, esta característica se la confiere el óxido de neodimio (III), aunque muchos otros compuestos de neodimio tienen esta cualidad, como se ve en las Figuras 1 y 2.

En cuanto a la explicación de este suceso, existen dos teorías. La primera se basa en el espectro de absorción del neodimio. Este elemento absorbe prácticamente por completo la luz amarilla, parte de la luz azul y es atravesado por la luz roja. Esto determina que si le incide una luz con un espectro no continuo se produzcan anomalías cromáticas.

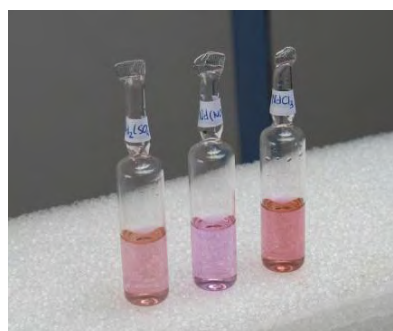


Figura 1. Sulfato, nitrato y cloruro de neodimio (III) bajo la luz natural. <sup>1</sup>



Figura 2. Compuestos anteriores bajo la luz de una bombilla de bajo consumo. <sup>1</sup>

En el caso de la luz solar, ésta presenta un espectro prácticamente uniforme. Como el neodimio absorbe la luz amarilla y parte de la luz azul, quedará de color morado rojizo.

En cambio, las bombillas de bajo consumo emiten una luz amarilla. Como esta es absorbida por el neodimio, este quedará casi transparente.

La segunda teoría justifica el cambio de color con un cambio en la composición química. Defiende que cuando una determinada longitud de onda incide sobre los aniones del vidrio, se excitan sus electrones. Sin embargo, estos electrones no pasan a un orbital superior del mismo átomo, sino que son captados por los iones  $\text{Nd}^{3+}$ . Este proceso se denomina absorción por transferencia de carga y consiste en una reacción redox provocada por una radiación (en este caso la luz). Así pues, el color del vidrio de neodimio vendría determinado por la proporción entre los iones  $\text{Nd}^{3+}$  (violeta) y  $\text{Nd}^{2+}$  (amarillento).

En cualquier caso, se ha descubierto que el vidrio de neodimio es muy versátil. Si lo sometemos a diferentes procesos perderá su estado vítreo, dando a lugar a una estructura cristalina y por tanto ordenada. Del cristal resultante depende una de las aplicaciones más importantes del neodimio: la formación de rubíes sintéticos para la emisión de láseres (Figura 3). Según los compuestos que se añadan a dicho cristal obtendremos diferentes láseres:

- Nd: YAG (con itrio y aluminio)
- Nd: YLF (con fluoruro de itrio y litio)
- Nd: YVO (con vanadato de itrio)...

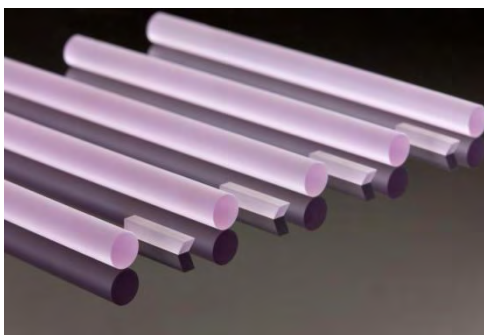


Figura 3. Rubíes de un láser Nd:YAG.<sup>2</sup>

Su funcionamiento es simple: hay que excitar los átomos del cristal, que experimentarán una transición electrónica para volver al estado de mínima energía. Con esta transición electrónica se emite un haz de radiación infrarroja (1054–1064 nm)

que constituye el propio láser. Estos se usan en medicina, como puntero láser... pero su uso más importante es el confinamiento inercial. Este consiste en dotar del movimiento suficiente a las partículas de un combustible para conseguir que se produzca la fusión nuclear. La importancia de este proceso es enorme, ya que la fusión nuclear supondría la solución definitiva de la obtención de energía.

Otro uso destacable del vidrio de neodimio es la calibración de espectrofotómetros. Si se le añade óxido de praseodimio se forma el vidrio de didimio. Al pasar la luz a través de este, aparecen picos de absorción muy definidos en ciertas longitudes de onda (Figura 4). Por ello se han tomado los valores de esta absorción de forma estándar.

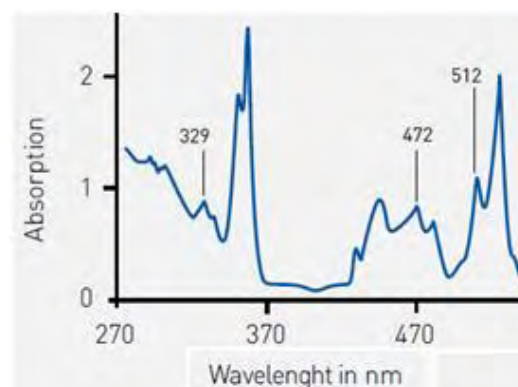


Figura 4. Representación de la absorción de un vidrio de didimio frente a la  $\lambda$  en la que se indican algunos de los picos de absorción de valores estandarizados.<sup>3</sup>

De esta forma, el vidrio de didimio se podría usar para calibrar y controlar la precisión de los espectrofotómetros en las regiones del espectro infrarrojo (a 875 nm), visible (a 681, 512 y 472 nm) y ultravioleta (a 329 nm).

Espejos retrovisores que no deslumbran, bombillas que aumentan el rendimiento fotosintético, aumento del color en la televisión... La lista no tiene fin, ¿qué más nos deparará el vidrio de neodimio en el futuro?

<sup>1</sup> Imágenes obtenidas de Wikipedia.

<sup>2</sup> Imagen obtenida de [www.scientificmaterials.com](http://www.scientificmaterials.com)

<sup>3</sup> Imagen obtenida de [www.hellma-analytics.com](http://www.hellma-analytics.com)

*Referencias:*

*Artículo divulgativo de la web científica Science made alive en:*

<http://woelen.homescience.net/science/chem/exps/neodymium/index.html>

*Artículo sobre la coloración de vidrios de la empresa CRIVISA en:*

<http://boletines.secv.es/upload/196807655.pdf>

*Material didáctico de la Universidad de Granada en:*

[http://www.ugr.es/~olopez/estruct\\_macromol/UV\\_V/UV\\_V.pdf](http://www.ugr.es/~olopez/estruct_macromol/UV_V/UV_V.pdf)

*Artículo sobre la transferencia de carga en el cloruro de neodimio, por la Universidad de Karlsruhe en:*  
<http://144.206.159.178/ft/627/72895/1246802.pdf>

*Estándares de calibración de espectrofotómetros de la empresa Hellma en:*

[http://www.hellma-analytics.com/html/seiten/output\\_adb\\_file.php?id=23252](http://www.hellma-analytics.com/html/seiten/output_adb_file.php?id=23252)

*Artículo de Wikipedia sobre el Neodimio en:*

<http://en.wikipedia.org/wiki/Neodymium>

*Información varia sobre las bombillas de neodimio:*

<http://www.tiendanimal.es/terra-lamparas-light-neodimio-p-522.html>



Massimo D. Sammito  
Claudia Millán Nebot

## BIOINFORMÁTICA PARA LA CRISTALOGRAFÍA

La bioinformática es la aplicación del conocimiento algorítmico-computacional a temas de naturaleza biológica. En el campo de la cristalografía, los bioinformáticos están creando de forma continua software y librerías al servicio no simplemente de usuarios finales sino también para otros desarrolladores, permitiendo así la obtención de software útil y modular, y manteniendo el código reusable. Esta perspectiva acelera la generación de conocimiento en la investigación y la implementación de nuevos métodos para la solución de casos complejos.

**Palabras clave** Bioinformática, Biología estructural, Cristalografía, Programación

En el mundo moderno la ciencia es una gran máquina bien engrasada, donde todos los mecanismos son fundamentales para la realización de un objetivo común.

En este contexto la biología estructural hoy en día incluye un gran número de expertos e investigadores con curriculum y conocimientos muy diferentes, sin embargo cada uno indispensable para el campo, y contribuyendo significativamente al proceso de desarrollo de la disciplina.

En los congresos de cristalografía es común encontrar físicos, químicos, biólogos, matemáticos y también informáticos. Todos con un único objetivo: descubrir nuevas estructuras tridimensionales de proteínas, paso fundamental para entender su función.

Históricamente los bioinformáticos que se ocupan de biología estructural han focalizado mucho su atención en el *modeling* (predecir una estructura terciaria a través de la secuencia); el *foldng* (estudio energético que indica la probabilidad para una determinada secuencia de plegarse en una forma tridimensional específica); y el *threading* (alineamientos óptimos de

porciones conservadas de secuencias no homólogas).

Sin embargo, los cristalógrafos modernos utilizan ya y demandan constantemente nuevo software que les ayude a resolver casos más complejos y a la vez por tanto más atractivos (complejos proteicos grandes, complejos de proteínas y ADN, proteínas transmembrana, etc.).

En las diferentes fases del proceso de recolección de datos y de resolución de una estructura un cristalógrafo emplea software especializado de diversa índole. Por ejemplo, al medir datos en un sincrotrón se trabaja con programas como **MOSFLM**<sup>1</sup>, **XDS**<sup>2</sup> o **HKL2000**<sup>3</sup> que permiten establecer una estrategia de recolección de los datos. Además, se emplean para integrar las imágenes del patrón de difracción. Esta integración permite asignar los valores medidos de intensidad a cada uno de los índices hkl de Miller. Otros programas como **SCALA**<sup>4</sup> permiten escalar los datos medidos, ya que al fin y al cabo, la medición de las intensidades se hace en una escala arbitraria (por ejemplo, número de píxeles en el detector). Asimismo, todos los programas anteriores y en general todos los

de procesamiento de datos permiten realizar análisis iniciales sobre la simetría del patrón de difracción que nos permiten asignar grupos espaciales y procesar los datos de manera coherente a estos.

Paquetes de software como **SHELXPRO**<sup>5</sup> y **XPREP**<sup>5</sup> permiten estudiar los datos medidos y realizar una serie de estadísticas y visualizaciones que ayudan a comprender mejor las características del cristal con el que estamos trabajando. Asimismo, nos permite combinar datos y escribir ficheros en los diferentes formatos que luego podremos emplear para los programas de resolución.

Como ya se ha comentado en artículos anteriores de esta sección, el principal problema en cristalografía es el de las fases (medimos intensidades difractadas, y perdemos las fases de esas ondas). Es justo en este aspecto donde los bioinformáticos trabajan constantemente para producir nuevos algoritmos capaces de solucionar problemas que día a día crecen en complejidad.

Suites de software como **CCP4**<sup>4</sup> y **PHENIX**<sup>6</sup> contienen diferentes programas que ayudan a resolver estructuras utilizando diversas técnicas, especialmente, para el caso de proteínas, reemplazo molecular, que es una técnica basada en emplear la información contenida en modelos de proteínas homólogas para obtener una primera aproximación a las de nuestra proteína desconocida.

Sin embargo, las técnicas hasta ahora conocidas no son capaces de resolver todos los casos y dependen mucho de factores difícilmente controlables (calidad de los datos y resolución, presencia de proteínas homólogas en las bases de datos, etc.).

La demanda de nuevas técnicas y software hace que muchos laboratorios dispongan de

grupos de bioinformáticos que intentan encontrar nuevos métodos para resolver un problema bien conocido.

La diferencia sustancial con el pasado es que hoy la figura del bioinformático es un puente entre el mundo de la biología y de la informática, ya que es capaz de resolver problemas concretos de un campo especializado sin olvidarse de los principios básicos de proyectación y de ingeniería del software.

En particular, los grupos intentan crear no simplemente programas stand-alone, inmodificables, sino que están empezando a distribuir librerías y documentación, permitiendo a otros programadores emplear código testado como punto de partida para sus nuevos algoritmos. Esto es coherente, ya que no tiene sentido redescubrir la rueda cuando todavía es imposible construir un carro sin ella.

**BioPython**, **BioJava**, **BioPerl**, **BioRuby**<sup>7</sup>, son ejemplos de librerías bioinformáticas para los diferentes lenguajes de programación más utilizados en este campo. Permiten leer, parsear, escribir diferentes formatos estándares de estructuras de macromoléculas como *PDB* y *CIF*. Permiten asimismo ejecutar algoritmos genéticos, de alineamientos secuenciales y múltiples, predicción de estructura secundaria, superimposiciones, clustering estadístico, y mucho más.

Estas librerías están más orientadas a la gestión de secuencias y estructuras pero carecen del conocimiento específico del mundo de la cristalografía: grupos espaciales, simetría, transformaciones geométricas en los diferentes sistemas de coordenadas, y sobretodo, la gestión de los diferentes formatos presentes en archivos empleados para manejo de datos cristalográficos (*MTZ*, *HKL*, *SCA*, *RES*, *INS*, etc.).



Otras librerías como **mmLib**<sup>8</sup> y **cctbx**<sup>9</sup>, en cambio, contienen código específico más orientado a la solución de problemas de tipo cristalográfico.

El caso concreto del **cctbx** es el de una librería escrita mayoritariamente en Python pero con una parte del código escrita en C++, un lenguaje de bajo nivel orientado a objetos que es muy eficaz en cuanto al consumo de recursos computacionales para el cálculo científico. Fue escrita como el componente de código abierto de una de las suites antes mencionadas, Phenix. Cuenta con un gran número de funciones que se emplean tanto en computación científica general como para el caso específico de la cristalografía, donde contiene algoritmos clásicos y modernos e implementados en la mayoría de los casos por sus desarrolladores. Existen cálculos como las *Transformadas de Fourier*, tan necesarias en cristalografía como ya vimos en los artículos sobre la matemática de los cristales, puesto que, con las intensidades y las fases, nos permiten reconstruir la magnitud que nos permite determinar la estructura, que conllevan un consumo de tiempo o recursos de cálculo muy elevados. Empleando esta librería, este tipo de operaciones se pueden llevar a cabo con una sencilla llamada a una función y pasándole el input apropiado. Esto implica que se pueden desarrollar de forma eficaz y relativamente sencilla programas que efectúan cálculos complejos que de otra forma nos llevaría muchísimo tiempo implementar.



Figura 1. Esquema de las librerías **cctbx** y las otras paralelas que forman la base de la suite Phenix. La librería es de tipo modular y orientada a objetos.

En la investigación científica el motor de todo es siempre una idea, y estas ideas conducen en su mayoría al progreso y a la mejora de la sociedad. En el mundo moderno, donde la información es accesible y prácticamente instantánea el ser humano está sujeto a la continua aparición de nuevas ideas. Y es intolerable que se vean limitadas por falta de recursos, sean económicos o técnicos. Bajo esta perspectiva la bioinformática puede ser un punto de partida para la puesta en práctica de muchas ideas, y por tanto los informáticos se pueden integrar perfectamente en grupos de investigación médico-biológica. Hoy día el mundo de la investigación necesita mentes abiertas e interdisciplinarias más que un conocimiento monodisciplinar y enciclopédico.

<sup>1</sup>. Battye, et al. *Acta Cryst. D67*, 271-281. (2011).

<sup>2</sup>. Kabsch, W. *XDS. Acta Cryst. D66*, 125-132 (2010)

<sup>3</sup>. Z. Otwinowski et al., *Methods in Enzymology, Volume 276: Macromolecular Crystallography, part A*, p.307-326 (1997)

<sup>4</sup>. M. D. Winn et al. *Acta. Cryst. D67*, 235-242 (2011)

<sup>5</sup>. Sheldrick, G.M.. *Acta Cryst. A64*, 112-122 (2008)

<sup>6</sup>. P. D. Adams et al. *Acta Cryst. D66*, 213-221 (2010)

<sup>7</sup>. [http://www.open-bio.org/wiki/Main\\_Page](http://www.open-bio.org/wiki/Main_Page)

<sup>8</sup>. J. Painter et al. . *J. Appl. Cryst. 37*, 174-178 (2004)

<sup>9</sup>. R.W. Grosse-Kunstleve et al. *Appl. Cryst. 35*, 126-136 (2002)



Molekula

Viva )





Artículo realizado por  
Francisco Lahoz Martín

## CELULAS MADRE EN TRASPLANTES DE ISLOTES DE LANGERHANS. SOLUCIÓN ALTERNATIVA FRENTE A LA DIABETES MELLITUS

La Diabetes mellitus es una enfermedad caracterizada por la deficiencia en la producción de insulina, lo cual obliga a los enfermos a depender de inyecciones diarias de esta sustancia. Actualmente, el tratamiento alternativo consiste en trasplantar células productoras de insulina funcionales, aunque éstas terminan por degenerar, debido al ataque inmunológico del receptor. Estudios han probado que el co-trasplante de células madre mesenquimáticas (MSCs) aumenta drásticamente la duración de estos trasplantes, proponiéndose su uso como una mejora ostensible de la calidad de vida de los enfermos de Diabetes mellitus.

*Palabras clave* Diabetes mellitus, trasplante, células madre, insulina

### Introducción

Según la estimación realizada por la International Diabetes Federation (IDF), en el mundo hay alrededor de 285 millones de enfermos de diabetes, el equivale al 6,4% de la población. A día de hoy, es una enfermedad sin cura a largo plazo, y cuyo tratamiento es la inyección diaria de insulina de forma crónica (diabetes insulina-dependiente o tipo 1).

La insulina (figura 1) es una hormona producida en regiones concretas del páncreas, conocidas como islotes de Langerhans, que tiene un papel fundamental en la regulación del metabolismo de carbohidratos y ácidos grasos. Sin la actuación de la insulina, las células corporales pierden su capacidad de tomar azúcares (glucosa principalmente) del torrente sanguíneo.



Figura 1. Hexámero de insulina. La insulina actúa de forma monomérica, aunque forman agrupaciones de 6 moléculas para ser almacenada. Se detallan, en verde, las cadenas proteínicas; en violeta, cómo éstas cadenas interactúan a su vez con iones de zinc, que aportan estabilidad a la estructura.

En la diabetes tipo 1, la dependencia de insulina deriva de la incapacidad total de producir este compuesto, debido a la destrucción de células  $\beta$  de los islotes (encargadas de la síntesis de insulina) por parte del sistema inmune. Esta destrucción autoinmune es irreversible, y como consecuencia los enfermos necesitan un trasplante de islotes pancreáticos funcionales para revertir esta situación, única alternativa actual al uso de insulina.

Aun realizando el trasplante, la eficiencia en la producción de insulina baja de forma progresiva, de tal forma que el 30% de los enfermos trasplantados vuelven a ser insulino-dependientes al cabo de un año. Este porcentaje aumenta drásticamente, llegando hasta el 90% en el plazo de 5 años tras la realización del trasplante. Esta situación responde a la degradación de las células del islote trasplantado, a causa del ataque del sistema inmune. También es común la muerte celular por una vascularización deficiente, que deriva en la falta de riego sanguíneo en la zona.

Períodos de tiempo funcional tan cortos, sumados a la necesidad de donantes, hacen que sea imprescindible buscar alternativas que mejoren la efectividad de este tratamiento. El uso de células madre mesenquimáticas (MSCs) abre una vía novedosa y prometedora en busca de una solución a largo plazo a la Diabetes mellitus.

### **Pero, ¿qué son las MSCs?**

Al igual que otros tipos de células madre, las células madre mesenquimáticas son multipotenciales. Esto quiere decir que pueden renovarse (generar más células madre iguales) y diferenciarse en diferentes tipos celulares, pertenecientes a varios linajes. Estas células se encuentran en la médula ósea, tejido adiposo, piel, sangre de cordón umbilical e hígado fetal.

Numerosos estudios han probado que es posible generar células productoras de insulina partiendo de estas células madre, siendo la meta final de éstos regenerar islotes de Langerhans completos y funcionales durante un mayor período de tiempo. Sin embargo, tales investigaciones necesitan aún mucho tiempo e inversiones para generar resultados satisfactorios.

Esta tecnología parece algo lejana, pero las MSCs presentan cualidades que las hacen interesantes a día de hoy en el tratamiento de Diabetes mellitus. Ha sido probado que el co-trasplante de estas células junto con islotes de Langerhans procedentes de donantes compatibles mejora los resultados del trasplante, evitando la degradación de las células  $\beta$  a corto plazo.

El beneficio derivado del uso de las MSCs parece deberse a su acción inmunomoduladora y su efecto sobre la angiogénesis.

### **Efecto inmunomodulador de las MSCs**

Los trasplantes de islotes se realizan, por norma general, entre individuos que muestran una cierta compatibilidad inmunológica, para prevenir en la mayor medida posible un posible rechazo. No obstante, el sistema inmune del receptor suele responder en cierto grado, por lo que los pacientes necesitan un tratamiento de inmunodepresión previo a la operación. Aún con este tratamiento, según los datos de rechazo anteriormente citados, en pocos años el trasplante deja de ser funcional.

Estudios en ratas diabéticas han demostrado que el co-trasplante de MSCs junto con los islotes prolonga su supervivencia entre 4 y 5 veces. Los linfocitos T de estas ratas, células clave en la respuesta inmunológica del receptor, mostraron una menor producción de interferón- $\gamma$ , así como del factor de necrosis tumoral. Ambos productos participan en el proceso de rechazo inmunológico de las células extrañas, con lo cual un descenso en su producción se traduciría en un ataque menor sobre los islotes. Las MSCs actúan mediante diversos mecanismos para inducir estos cambios, como interviniendo en la comunicación entre células del sistema inmune. También actúan inhibiendo la

diferenciación de los monocitos en células dendríticas (DCs), las cuales se encargan de presentar antígenos extraños a células T (Figura 2).

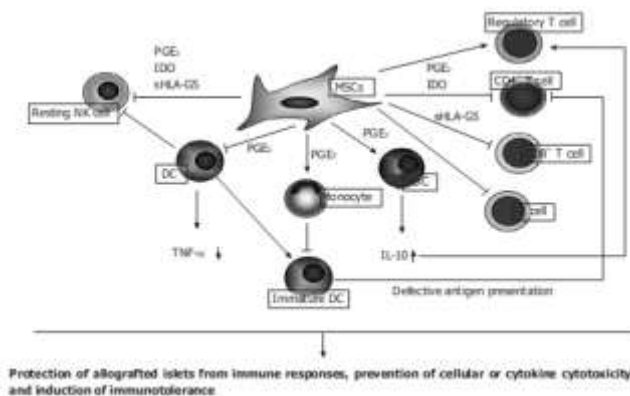


Figura 2. Las MSCs actúan inhibiendo diferentes células inmunológicas, como son las células NK, linfocitos T y linfocitos B.

### Efecto angiogénico de las MSCs

Los islotes pancreáticos necesitan una buena vascularización. Concretamente, a pesar de ocupar el 1% del volumen total del páncreas, reciben hasta el 10% de la sangre que llega a este órgano.

Durante el trasplante, los islotes pierden esta vascularización, y una vez trasplantados tardarán unas dos semanas en volver a recibir un volumen de sangre óptimo. En este contexto, las células pueden resultar seriamente dañadas, lo cual provocará una degeneración más rápida.

Determinados factores son necesarios para que la angiogénesis se desarrolle correctamente, y se formen los vasos sanguíneos necesarios para nutrir los islotes. Entre estos factores se encuentran el factor de crecimiento del endotelio vascular-A (VEGF-A) y la angiopoyetina-1. Las MSCs producen VEGF-A en cantidades capaces de inducir una neovascularización mejorada. En estudios con ratones diabéticos, se ha podido comprobar que el co-trasplante de MSCs e islotes de Langerhans generaron una

vascularización óptima, mientras que sólo el 30% de los ratones trasplantados sin MSCs fueron capaces de producir neovascularización a este nivel.

### Conclusiones

El beneficio del co-trasplante de MSCs junto con los islotes de Langerhans parece demostrado dados los resultados expuestos. Otros estudios parecen indicar que estas células, además de las actividades de inmunomodulación y angiogénesis, podrían ayudar a la proliferación de las células  $\beta$  pancreáticas. Del mismo modo, en el futuro irán surgiendo nuevas explicaciones al efecto positivo de las MSCs en el tratamiento de la Diabetes mellitus.

No obstante, no hay que perder la vista de que su aplicación busca mejorar un método con muchas imperfecciones, y no es previsible que el co-trasplante pudiese derivar en una aceptación plena de los islotes por parte del receptor, ya que, aunque en menor medida, seguirán expuestos al ataque de las células inmunológicas. Para evitar aún en mayor grado estos ataques, sería posible plantear la generación de células inmunes incapaces de reconocer las células trasplantadas como extrañas, lo cual necesitaría la aplicación de técnicas de ingeniería genética sobre las células de individuo receptor, y se precisan de estudios más profundos en ese campo que permitan un desarrollo óptimo de esa tecnología.

Se puede considerar por lo tanto como un método puente, ya que el trasplante de islotes que sean plenamente aceptados queda limitado al desarrollo de tecnologías capaces de generar células  $\beta$  a partir de MSCs, u otras células madre, procedentes del propio enfermo, ya que la compatibilidad de las células u órganos generados será total.

### Bibliografía

<sup>1</sup>Naoaki Sakata, Masafumi Goto, Gumpei Yoshimatsu, Shinichi Egawa, Michiaki Unno, Utility of co-transplanting mesenchymal stem cells in islet transplantation, *World Journal of Gastroenterology* 2011 December 21;17(47): 5150-5155

<sup>2</sup>Jahansouz C, Jahansouz C, Kumer SC, Brayman KL, Evolution of  $\beta$ -Cell Replacement Therapy in Diabetes Mellitus: Islet Cell Transplantation, *Journal of transplantation*, 2011 Oct 15 2011:247959



Artículo realizado por  
Elena López Ortega

## CÉLULAS B DE MEMORIA

**Las células B de memoria juegan un papel fundamental en la respuesta secundaria que nuestro sistema inmune lleva a cabo frente a antígenos reconocidos previamente, haciendo que ésta sea más rápida y efectiva. Si quieres conocer los mecanismos moleculares que llevan al desarrollo de este tipo celular, éste es tu artículo.**

**Palabras clave** Linfocitos B, desarrollo, diferenciación, anticuerpos

### Introducción

La activación y diferenciación de los linfocitos B novatos a células B de memoria se lleva a cabo en la región folicular de los ganglios linfáticos dentro de los denominados centros germinales (GC). Este proceso consta de 3 fases diferenciadas: fase pre-GC, ciclo GC y reparación del antígeno. En todas ellas tiene lugar el reconocimiento del antígeno por las células B y la interacción de éstas con linfocitos T helper.

### Fase pre-GC (Figura 1a)

Células B novatas. Los macrófagos son los principales encargados de presentar antígenos a las células B novatas foliculares. La célula B que posea un BCR

afín al antígeno presentado se activará, dando lugar a un programa de expresión génica que hará posible su interacción con un linfocito T helper afín. Entre los genes activados estarán el factor nuclear NF- $\kappa$ B, el receptor de quimioquinas CCR7, MHC II y CD40.

Células T helper foliculares (TFH): Los linfocitos TFH son un tipo de linfocitos T especializados en la regulación de la respuesta de las células B. Los linfocitos T helper novatos reconocen el antígeno presentado por una célula dendrítica, que además expresa el ligando coestimulador ICOSL. Esta señal coestimuladora parece ser necesaria para inducir la diferenciación de los linfocitos T helper a TFH, que tienen como rasgo característico la expresión del factor de transcripción de linfoma de

células B BCL-6, y el receptor de quimioquinas CXCR5.

Los linfocitos TFH activos reconocen mediante su TCR al complejo péptido-MHC II presente en la superficie de los linfocitos B activos. Además, otras moléculas participan en esta interacción. Entre ellas se encuentran moléculas coestimuladoras (CD40L-CD40 e ICOS-ICOSL), moléculas accesorias (OX40-OX40L) y citoquinas producidas por el linfocito TFH. El tipo de citoquina expresada durante esta interacción determinará la clase de anticuerpo que será

producido por las células B plasmáticas. Por otra parte, la duración de esta interacción determinará si la célula B sale de la vía folicular para diferenciarse en célula plasmática o entra en el ciclo GC. Si la interacción está mediada por la molécula adaptadora SAP, será una interacción larga y efectiva y dará lugar a células precursoras de células de memoria que entrarán en el ciclo. En caso contrario obtendremos células plasmáticas, que experimentarán cambio de cadena para dar lugar a las diferentes clases de anticuerpos.

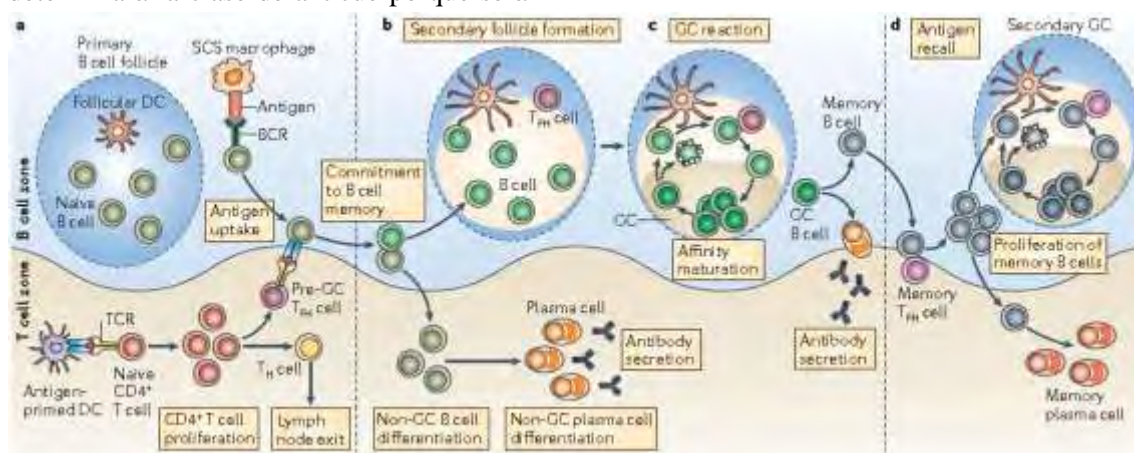


Figura 1. Fases del proceso de maduración de las células B de memoria en los ganglios linfáticos.

Parece que la afinidad de los BCR presentados por las células B es un factor determinante en la diferenciación de estas células hacia un tipo celular u otro. Las células B con mayor afinidad suelen entrar en la ruta de diferenciación hacia células plasmáticas, permitiendo a las células B con menor afinidad madurar en el ciclo GC.

### Ciclo GC (Figura 1b y 1c)

Durante esta fase el folículo se polariza dando lugar a una zona clara que contiene células dendríticas y linfocitos TFH; y una zona oscura donde se da la proliferación de las células B.

Expansión clonal y diversificación de BCR.  
Las células B que entran en el ciclo GC

expresan BCL-6, que controla el ciclo celular, y la enzima AID, implicada en la hipermutación somática que se da en las regiones variables de los genes que codifican los anticuerpos. Este proceso de diversificación de los BCR precisa de la replicación del DNA por lo que se da de forma paralela a la expansión clonal, restringida a la zona oscura del folículo.

Presentación de antígenos por las células dendríticas foliculares. Tras la diversificación de los BCR, las células B migran hacia la zona clara donde las células dendríticas les presentan antígenos. Aquí se da la selección positiva de aquellas variantes de BCR que hayan incrementado su afinidad por el antígeno, mientras que las

que hayan perdido su capacidad de unión a éste serán eliminadas por apoptosis.

**Contacto con células TFH.** Los linfocitos B seleccionados en el paso anterior compiten por su unión a los linfocitos TFH, siendo éste el paso limitante en la selección de las células B que contiene variantes de BCR de alta afinidad. Las células B capaces de presentar el antígeno más eficientemente salen rápidamente del ciclo GC, para producir células B de memoria o bien, células plasmáticas post-GC. Mientras que las que tienen una capacidad menor vuelven a entrar en el ciclo para experimentar un nuevo proceso de diversificación de BCR.

La población de células de memoria producida en este ciclo será la principal encargada de la respuesta secundaria mediada por linfocitos B. Aunque podemos considerar que las células plasmáticas post-GC también contribuyen en esta respuesta haciendo posible la inmunidad serológica. Las señales que estas células reciben mediante sus BCR y MHC II regulan la producción de anticuerpos de alta afinidad en la sangre.

#### **Reparición del antígeno (Figura 1d)**

El incremento de la afinidad de los BCR de las células de memoria hace que estas células sean sensibles a una baja dosis de antígeno. Por lo que estas células pueden actuar como células presentadoras de antígeno (APC) en la respuesta secundaria. Así, reconocen el antígeno, lo procesan y lo presentan mediante sus MHC II a los linfocitos TFH de memoria. La interacción con los linfocitos TFH activa a las células B, dando lugar a la expansión clonal de las células B de memoria y a su rápida diferenciación en células plasmáticas de alta afinidad.

Además, algunas de las células de memoria pueden reiniciar el ciclo GC tras la reaparición del antígeno. La persistencia de estas estructuras GC dependerá del tipo de antígeno y del estímulo producido por la respuesta inmune innata mediante los receptores TLR4 y TLR7. Este ciclo GC secundario produce la re-diversificación de los BCR de alta afinidad para producir clones de una afinidad aun mayor que responderán ante otra reaparición del antígeno. Esto permite que la respuesta secundaria sea cada vez más fuerte y rápida.

#### **Aplicaciones**

El conocimiento de los mecanismos moleculares que dan lugar a la formación de células B de memoria amplía el número de moléculas que pueden ser utilizadas como diana en los mecanismos de vacunación. El objetivo es el desarrollo de vacunas capaces de inducir la formación de células de memoria de alta afinidad.

Para ello, también sería importante determinar los mecanismos exactos por los que los linfocitos T helper inducen la programación de las células B de memoria. Además, es necesario estudiar los mecanismos implicados en la producción de células T de memoria, ya que en la respuesta inmune secundaria participan ambos tipos de linfocitos.

#### **Bibliografía**

<sup>1</sup>Michael McHeyzer-Williams, Shinji Okitsu, Nathaniel Wang and Louise McHeyzer-Williams. *Molecular programming of B cell memory. Nature Reviews January 2010 Volume 12.*





Artículo realizado por  
Luz Olid Díaz

## DESARROLLO DEL SISTEMA INMUNE E INFLUENCIA DE LA INMUNIZACIÓN MATERNA EN EL NEONATO

**El sistema inmune de un recién nacido no está desarrollado por completo en el momento del nacimiento. Por lo que es preciso el aporte de anticuerpos maternos para asegurar la supervivencia del neonato en los primeros meses de vida.**

**La transferencia de inmunidad vía materna permite llevar a cabo estrategias de inmunización basadas en la vacunación de la madre durante la etapa de embarazo, con el objetivo de proteger al recién nacido durante la etapa inicial de su vida.<sup>1</sup>**

*Palabras clave* **Immunoglobulina, desarrollo embrionario, placenta, calostro, inmunización.**

### Introducción

El sistema inmunitario está compuesto por un conjunto de elementos biológicos que participan activamente en la protección del organismo frente a enfermedades producidas por bacterias, hongos, virus e incluso células cancerosas.<sup>1</sup>

El sistema inmune de un recién nacido es relativamente ineficiente, pues no se ha completado la maduración y activación de todos los componentes de dicho sistema.<sup>2</sup>

### Desarrollo del Sistema inmune

El desarrollo del sistema inmune comienza durante el primer mes de gestación y está intrínsecamente ligado a la hematopoyesis, proceso por el cual tiene lugar la formación de los distintos tipos celulares que conforman la sangre y el sistema inmune. Todas estas células derivan de las denominadas células madres hematopoyéticas (HSCs).<sup>3,4</sup>

Durante el primer mes de gestación, las células madres hematopoyéticas se localizan en el saco uterino. Posteriormente, durante el tercer mes de gestación, se inicia

un proceso de migración celular hacia el hígado fetal, donde tendrá lugar la hematopoyesis hasta que el sistema esquelético esté formado.<sup>3,4</sup>

Una vez desarrollados los órganos linfáticos primarios, timo y médula ósea, se inicia la producción de linfocitos. La médula ósea se encarga de la producción y maduración de los linfocitos B desde la etapa neonatal hasta la etapa adulta; mientras que el timo se encarga de la síntesis, diferenciación y maduración de los linfocitos T.<sup>3</sup> A los dos meses de gestación, los linfocitos T comienzan a sufrir procesos de maduración y selección positiva o negativa con el objetivo de discriminar aquellos linfocitos capaces de diferenciar entre elementos celulares propios y extraños. El proceso de maduración de los linfocitos B también tiene lugar en estos momentos del ciclo y es esencial para controlar la auto-reactividad de las células B contra antígenos propios. En el cuarto mes de gestación, los linfocitos maduros pueden empezar a ser activados en los órganos linfoides secundarios, bazo y tejido linfoide periférico, al detectar las moléculas a las que son reactivos. Su activación conlleva la producción de anticuerpos, aunque hasta la parte final del

desarrollo embrionario no tiene lugar la generación de estos anticuerpos, esenciales para identificar y neutralizar elementos extraños.<sup>1,4</sup>

En el momento del nacimiento, el feto se traslada del ambiente estéril del útero de la madre al medio externo colonizado por multitud de microorganismos. Por lo tanto, el correcto desarrollo y funcionamiento del sistema inmune es un mecanismo esencial para asegurar la supervivencia del recién nacido.<sup>4</sup> No obstante, el sistema inmune del neonato es relativamente inefectivo, pues algunos tipos celulares se encuentran inmaduros o en bajas proporciones. Por ejemplo los neutrófilos, cuya función principal es fagocitar hongos y bacterias, se encuentran en bajas concentraciones y son menos sensibles a quimioatrayentes que los neutrófilos de un organismo adulto; los macrófagos, responsables de fagocitar cualquier cuerpo extraño, también presentan limitaciones en su respuesta quimiotáctica; y los linfocitos T ayudantes, que coordinan todo el sistema inmune, controlando el sistema inflamatorio, fagocítico y sistemas de señalización, no han madurado aún.<sup>2</sup>

Por lo tanto, el sistema inmune del recién nacido no está completamente preparado para inducir una respuesta inmune eficiente.<sup>2</sup> Consecuentemente, la transmisión de anticuerpos vía materna es esencial para su supervivencia en los primeros meses de vida.<sup>2</sup>

### **Transferencia materna de anticuerpos**

La transferencia materna de anticuerpos puede tener lugar mediante dos vías principalmente: vía transplacentaria o mediante la leche materna.<sup>2</sup>

### **Transferencia transplacentaria de anticuerpos**

La transferencia transplacentaria de anticuerpos de la madre al feto es un mecanismo adaptativo que minimiza la deficiencia de producción de anticuerpos y confiere inmunidad pasiva durante un corto periodo de tiempo.<sup>2</sup>

La estructura de la placenta es un factor esencial que influye en el proceso de transferencia.<sup>2</sup>

La placenta de humanos y primates es hemocorial, es decir, el epitelio del trofoblasto (conjunto de células que forman la parte externa del blastocisto) está en contacto directo con la sangre materna, aunque existe una barrera histológica que separa la sangre materna de la sangre fetal. Esta barrera controla la transferencia de sustancias entre ambos organismos y está formada por dos membranas: el sincitiotrofoblasto multinucleado (STBs) y células endoteliales de los capilares fetales. Nutrientes, solutos, iones y aminoácidos son transportados activa o pasivamente a través de la placenta hacia el feto. No obstante, sustancias con elevado peso molecular no pueden atravesar dicha barrera. Una excepción es la inmunoglobulina G (IgG), que de los cinco tipos de inmunoglobulinas existentes (IgM, IgA, IgE, IgG, IgD), es la única que puede atravesar la barrera mediante un proceso de trancitosis.<sup>2</sup>

Este proceso tiene lugar mediante transporte activo, selectivo e intracelular mediado por el receptor FcRn.<sup>1</sup>

La transferencia comienza alrededor de la semana 17 de gestación y se sigue incrementando durante las semanas posteriores. Sobre la semana 33, la madre y el feto tienen niveles de IgG equivalentes.

Finalmente en la semana 40 de gestación, los niveles de IgG del feto superan los niveles presentes en la madre.

La eficiencia de este proceso depende de una serie de factores: integridad de la placenta, concentración materna total de IgG, edad gestacional del feto y subclases de IgG. La *integridad de la placenta* es esencial, pues de ella depende la correcta transferencia de anticuerpos. Existen determinadas enfermedades, como la malaria, que interfieren en la capacidad de la placenta de transportar IgG. El *nivel total de IgG materno* es otro factor importante, pues altas concentraciones de IgG en la sangre materna pueden inducir fenómenos de competición entre las moléculas de inmunoglobulina por los receptores FcRn, reduciéndose así los niveles de anticuerpos presentes en el feto, pues se reduce la eficacia de la transferencia. La *edad gestacional del feto* en el momento del nacimiento es otro factor relevante, pues la transferencia de IgG no tiene lugar sustancialmente antes de la semana 30 de gestación, por ello neonatos prematuros presentan concentraciones más bajas de anticuerpos, siendo más susceptibles al desarrollo de enfermedades. Otro elemento relevante es la *subclase de IgG*, pues en función del tipo de inmunoglobulina varía la afinidad por el receptor y por lo tanto la velocidad y eficiencia de la transferencia.<sup>1</sup>

No obstante, este fenómeno de transferencia de anticuerpos placentaria únicamente tiene lugar en humanos y primates. En otros organismos como gatos y perros, la transferencia de antígenos por esta vía no es tan eficiente, es decir, la cantidad de IgG que puede pasar al feto se ve drásticamente disminuida como consecuencia de la estructura placentaria (placenta endotelocorial). Por otro lado, en el caso de los ruminantes, la transferencia de inmunoglobulinas es prácticamente nula, ya

que la placenta de estos organismos es sidesmocorial, es decir, que el epitelio del trofoblasto está en contacto directo con el tejido conjuntivo de la madre. Por lo tanto, estos organismos presentan niveles de anticuerpos muy bajos en el momento de su nacimiento.<sup>2,5</sup>

### **Transferencia de anticuerpos mediante la leche materna**

Las primeras secreciones mamarias, denominadas calostro, están compuestas por agua, proteínas, grasas, carbohidratos y altas concentraciones de inmunoglobulinas. Generalmente existen altas concentraciones de inmunoglobulina de tipo A (IgA) que protegen al organismo recién nacido de la adherencia de agentes infecciosos en las membranas mucosas y su entrada en tejidos internos.<sup>5</sup>

Por lo tanto, en organismos donde la transferencia de inmunoglobulinas por vía placentaria no tiene lugar como consecuencia de la estructura de la placenta, el aporte del calostro es esencial para su supervivencia.<sup>5</sup>

### **Conclusión**

El sistema inmune de un recién nacido no ha madurado totalmente en el momento del nacimiento. Por lo que el aporte de anticuerpos maternos es un evento importante y necesario para la supervivencia del neonato.<sup>1</sup>

El descubrimiento de la inmunidad del recién nacido derivada de la madre propone nuevas estrategias de inmunización, cuyo objetivo es proteger al neonato y a la madre durante el periodo de embarazo y post-parto del desarrollo de determinadas enfermedades.<sup>1</sup>

### Bibliografía

<sup>1</sup>. J. A. Englund. *The Influence of Maternal Immunization on Infant Immune Responses*. 2007, Vol.137, S16-S19. Elsevier.

<sup>2</sup>. Patricia Palmeira, Camila Quinello, Ana Lúcia Silveira-Lessa, Cláudia Augusta Zago, and Magda Carneiro-Sampaio. *IgG Placental Transfer in Healthy and Pathological Pregnancies*. 2012. *Clinical and Developmental Immunology*. Volume 2012, Article ID 985646. Hindawi Publishing Corporation.

<sup>3</sup>. Richard S. Shames, M.D. *Gender Differences in the Development and Function of the Immune System*. 2002. *Journal of adolescent health*. 30S:59–70

<sup>4</sup>. Bruno Peault, Jean-Louis Touraine and Pierre Charbord. *Haematopoietic stem cell emergence and development in the human embryo and fetus; perspectives for blood cell therapies in utero*. 1999. *Semin Neonato* 1999; 4:55-66.

<sup>5</sup>. Philippe Van de Perre. *Transfer of antibody via mother's milk*. 2003. *Vaccine* 21 (2003) 3374–3376. Elsevier Science.



Artículo realizado por Javier Vázquez Marín

## NANOANTICUERPOS

**Seguro que en alguna ocasión han escuchado hablar de la Nanobiotecnología y de sus múltiples posibles aplicaciones médicas basadas en el desarrollo de dispositivos de tamaño ínfimo a partir de biomoléculas. A veces la Naturaleza nos da las herramientas necesarias para diagnosticar o tratar algunas enfermedades. En este artículo se va a repasar la figura y las posibles aplicaciones de unos anticuerpos un tanto peculiares.**

**Palabras clave** Nanoanticuerpos, inmunología, vacunas, biotecnología

### ¿Qué son los nanoanticuerpos y qué estructura tienen?

Cualquiera con unos conocimientos básicos de Inmunología sabe que los anticuerpos son glicoproteínas de la familia de las inmunoglobulinas con una estructura típica de dos cadenas pesadas y dos cadenas ligeras, unidas entre sí mediante puentes disulfuro, con una región constante y otra variable, encargada del reconocimiento de los antígenos.

Los mamíferos de la familia de los camélidos (*Camelidae*), así como todas las clases de peces cartilaginosos, presentan una peculiaridad que los diferencia del resto de animales vertebrados, y es que sus

células plasmáticas son capaces de sintetizar anticuerpos que carecen de cadenas ligeras. Estos anticuerpos de cadena pesada (hcABs) se caracterizan además por presentar una región Fab que carece de regiones constantes, estando pues conformada por un solo dominio variable. Este dominio, conocido como VHH en camélidos y como VNAR en tiburones (presentan una serie de pequeñas diferencias estructurales) constituye la clave del anticuerpo para el reconocimiento del antígeno (Figura 1), y al ser funcionales per se, a dichos dominios variables se les conoce también como *anticuerpos de domino simple* o *nanoanticuerpos*. Recientes estudios han determinado que las células plasmáticas producen el dominio

CH<sub>1</sub> de la cadena pesada de estos anticuerpos, pero son eliminados mediante un proceso de *splicing*. De hecho, la ausencia de este dominio constante explica también la ausencia de las cadenas ligeras en esta clase de inmunoglobulinas.

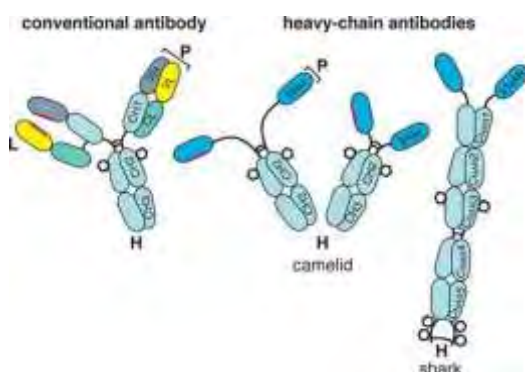


Figura 1. Esquema de la estructura de hcABs

Lógicamente, la inexistencia de cadenas ligeras implica para estas biomacromoléculas una serie de particularidades físicas y, por ende, funcionales. Sólo el dominio VHH (o VNAR) reconoce ciertos antígenos, por lo que no sería necesario emplear el resto de la molécula para ciertas aplicaciones, siendo ésta la razón por la que son conocidos como *nanoanticuerpos*. Éstos dominios inmunoglobulina se caracterizan por un peso molecular que ronda unos exiguos 15 kDa, y su estructura (Figura 2) es bastante similar a la de las regiones VH de los anticuerpos convencionales, a excepción de la región de hipervariabilidad CDR3, que posee del orden de entre 12 y 18 aminoácidos más que el CDR3 de un anticuerpo convencional. Por otra parte, la ausencia de dominio VL en el fragmento Fab se compensa con una mayor proporción de aminoácidos hidrofílicos, que permiten el establecimiento de giros- $\beta$  más flexibles que los de los VH más comunes.



Figura 2. Estructura del VHH

### Propiedades útiles de los nanoanticuerpos

La principal baza de los nanoanticuerpos para posibles aplicaciones terapéuticas reside en su reducido tamaño. Pueden penetrar en los tejidos con mucha más eficacia que los anticuerpos convencionales, lo que les permite reconocer epítomos que son inaccesibles a éstos, e incluso bloquear la acción de toxinas bacterianas actuando como inhibidores competitivos. (Figura 3)

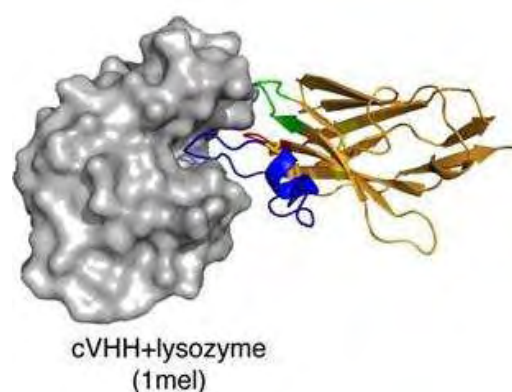


Figura 3. VHH como inhibidor de lisozima

Por otra parte, su alto contenido en aminoácidos hidrofílicos induce un aumento en su solubilidad, lo que disminuye su tendencia a formar agregados.

Otra de las útiles propiedades de los nanoanticuerpos es su gran estabilidad ante elevadas temperaturas. Diversos estudios han demostrado que mantienen su eficacia en un 80% durante una semana bajo incubación de 37°C y pueden soportar hasta temperaturas de 78°C sin desnaturalizarse. Su estructura también le proporciona resistencia frente a diversos agentes caotrópicos y a valores extremos de pH. Esta resistencia ante condiciones tan adversas permite a los nanoanticuerpos administrarse por vía oral para el tratamiento de enfermedades gastrointestinales.

### **Aplicaciones sanitarias y biotecnológicas**

Las propiedades físicas y químicas de los nanoanticuerpos permiten utilizarlos como herramientas biotecnológicas de gran potencial.

En primer lugar, su pequeño tamaño, como ya ha sido mencionado, resulta clave para que estas moléculas puedan unirse al sitio activo de ciertas enzimas, como diversas toxinas bacterianas. Así, se han diseñado nanoanticuerpos capaces de bloquear la unión a su sustrato de la toxina SpvB de *Salmonella*, una ADP-ribosiltransferasa que se incorpora a los monómeros de actina, bloqueando la polimerización de los microfilamentos que conforman el citoesqueleto. Además, su capacidad para traspasar tejidos, así como la barrera hematoencefálica, los hace ser muy útiles para el tratamiento de enfermedades graves, como las que afectan al sistema nervioso.

A los nanoanticuerpos también se le pueden incorporar otras moléculas para diversos fines. Por ejemplo, se han tratado tejidos tumorales con VHH fusionados con moléculas de la enzima  $\beta$ -lactamasa, que puede convertir una prodroga en una toxina que actúa de manera específica contra las

células tumorales reconocidas por los nanoanticuerpos. También se han utilizado nanoanticuerpos para modular respuestas inflamatorias.

No hay que olvidar las posibilidades de los nanoanticuerpos como herramientas útiles de diagnóstico. Por ejemplo, es posible detectar un cáncer de próstata en sus etapas tempranas mediante el reconocimiento de antígenos específicos de tumores de próstata (PSA) en el torrente sanguíneo, incluso aunque se dé la presencia de diferentes isoformas de dichos antígenos. También se les ha incorporado moléculas de GFP, para la visualización *in vivo* de tumores, según la disposición por el organismo de diferentes tipos celulares del sistema inmune, que son reconocidos por estos anticuerpos de dominio simple.

### **Producción de nanoanticuerpos recombinantes**

Ya hemos visto las múltiples utilidades que tienen los nanoanticuerpos pero, ¿cómo se producen?

El proceso de producción de nanoanticuerpos está enfocado actualmente a la obtención de variantes de camélidos (VHH). El primer paso consiste en la toma de muestras de sangre de dromedarios y llamas, de las cuales se aíslan los linfocitos productores de hcABs. A continuación, se extrae el mRNA de las células obtenidas y se les aplica una RT-PCR. Generalmente se realiza una nested PCR con el objetivo de obtener más producto e incorporar a la cadena sitios de restricción para clonarla en vectores de expresión. Con este proceso, se pueden obtener genotecas de miles de genes productores de distintas clases de VHH. A partir de estas genotecas, se selecciona el vector que contiene la clase de VHH que más interesa mediante *Phage display* (se incorpora la secuencia del VHH a la de una proteína de la cápsida de un fago; los fagos

con el VHH fusionado a la cápsida se seleccionan en columnas que contienen el antígeno reconocido por el VHH).

Los nanoanticuerpos se suelen producir a gran escala incorporando el vector que contiene su secuencia a diversos cultivos de *E. coli*. Se puede llegar a obtener una no despreciable concentración de VHH de 10 mg/l. Además, el proceso de producción es fácilmente escalable. También se han utilizado especies de hongos (aunque con escaso éxito, debido a la existencia de proteasas que degradan el producto generado), levaduras e incluso células vegetales y de mamíferos como sistemas biológicos de producción de VHH, y últimamente se ha propuesto el uso de etanol como fuente de C para aumentar la producción.

#### **Inconvenientes del uso de nanoanticuerpos**

Obviamente no todo iba a ser perfecto y alguna desventaja iba a suponer el uso de nanoanticuerpos. Dado su reducido tamaño, los VHH son eliminados con rapidez por vía renal en el organismo. Esto puede suponer una ventaja cuando se utilizan VHH ligados a GFP para estudiar el estado de ciertos tumores, pero no cuando se emplean con fines terapéuticos. Para evitar este inconveniente, se ha propuesto el desarrollo de VHH biespecíficos, capaces de reconocer no sólo la célula diana, sino también moléculas presentes en el plasma sanguíneo como la albúmina para aumentar su vida media.

Otro inconveniente importante es que la presencia de VHH en el organismo humano pueda desencadenar algún tipo de respuesta inmune. Por ello, se ha modificado ligeramente por mutagénesis la secuencia de algunos VHH para tratar de “humanizarlos”. Sea como fuere, estas moléculas aún se encuentran en fase de desarrollo y sólo se han probado en ratones por el momento.

#### **Conclusiones**

Resumiendo, el uso de nanoanticuerpos aporta nuevas vías en la búsqueda del tratamiento adecuado de enfermedades graves como el cáncer o el Alzheimer, y podrían constituir nuevas herramientas de interés para el desarrollo de biosensores y nuevos métodos de diagnóstico, siempre que se solventen en la medida de lo posible las desventajas que pudiese comportar su utilización.

#### **Bibliografía**

- <sup>1</sup> *Muyldermans. Single domain camel antibodies: current status (2001). Molecular Biotechnology. 74:277-302.*
- <sup>2</sup> *Harmsen y De Haard. Properties, production, and applications of camelid single-domain antibody fragments (2007). Applied Microbiology and Biotechnology. 77:13-22*
- <sup>3</sup> *Wesolowski et al. Single domain antibodies: promising experimental and therapeutic tools in infection and immunity (2009). Medical Microbiology and Immunology. 198:157-174*
- <sup>4</sup> *Deffar et al. Nanobodies – the new concept in antibody engineering (2009). African Journal of Biotechnology. 8:2645-2652.*
- <sup>5</sup> *De Groeve et al. Nanobodies as tools for in vivo imaging of specific immune cell types (2010). The Journal of Nuclear Medicine. 51: 782-789.*
- <sup>6</sup> *De Marco. Biotechnological applications of recombinant single-domain antibody fragments (2011). Microbial Cell Factories. 10: 44-58.*



Artículo realizado por  
Esperanza Batlló

## MECANISMOS POR LOS QUE EL VIRUS DEL SIDA EVADE EL SISTEMA INMUNE INNATO

**A día de hoy el mecanismo de infección del virus del sida se conoce con bastante detalle, y permite grandes avances hacia el descubrimiento de una vacuna efectiva. Sin embargo, hay que tener en cuenta muchos factores, ya que el virus presenta mecanismos para defenderse de nuestro sistema inmunológico.**

**Palabras clave** *Inmunodeficiencia adquirida, SIDA, virus, sistema inmunológico.*

Desde que se empezaron a describir casos de sida en los años 90, se produjo una gran actividad investigadora, en vistas a identificar el origen de la enfermedad en un principio, y que continúa hoy en día con la búsqueda de nuevos tratamientos y sobre todo de una vacuna efectiva. Estos estudios nos han permitido conocer muchos detalles de este virus, tanto de su estructura y componentes como de su ciclo de infección y sus mecanismos de evasión del sistema inmune innato y adquirido.

En los vertebrados, la primera forma de defensa frente a un patógeno está determinada por la respuesta inmune innata, que mediante reconocimiento de los patógenos por células especializadas y la producción de moléculas de señalización, consiguen inhibir el crecimiento o desarrollo del patógeno y alertar al sistema inmune adquirido de que hay algún problema. Normalmente los virus inducen, por este mecanismo, la producción de grandes cantidades de interferón tipo I tras el reconocimiento por receptores específicos del ácido nucleico viral. Sin embargo, el HIV no parece inducir directamente la respuesta inmune innata y no induce la formación de interferón en las células que ataca mayoritariamente, las T-CD4<sup>+</sup>.

Los pacientes de HIV presentan inmunodeficiencia, que no solo se debe al ataque del virus a los linfocitos T-CD4<sup>+</sup>, sino que también está inducida por una activación inmune generalizada con grandes concentraciones de citoquinas y de inmunoglobulinas. Sin embargo, se ha descubierto que estos niveles anormalmente elevados no son en respuesta al virus en sí, sino que se producen de una forma indirecta debido a la “pérdida” de la barrera del epitelio del intestino que provoca la entrada de elementos bacterianos en la sangre. La barrera epitelial deja de cumplir su función debido al ataque del HIV sobre las células T-CD4<sup>+</sup> del intestino. Además, algunas células dendríticas pueden ingerir restos celulares de células infectadas y promover esta respuesta. Sin embargo, los estudios indican que esta activación indirecta del sistema inmune innato no es suficiente para luchar contra el virus y esta incapacidad del sistema inmune de reconocerlo y combatirlo puede ser la causa de la dificultad existe para generar vacunas efectivas, ya que para que una vacuna sea efectiva suele ser necesario que se activen los dos tipos de respuesta de forma directa. Una serie de estudios recientes indican que las células de por si tienen capacidad para responder a la infección de HIV mediante la activación de la respuesta inmune innata,



pero dicha respuesta se ve minimizada por mecanismos específicos que el virus presenta para evadir nuestras defensas.

En primer lugar, podemos hablar de la exonucleasa TREX1, cuya ausencia provoca la acumulación de ADN de cadena simple en el citoplasma. Hay estudios que demuestran que la inactivación de esta exonucleasa en células infectadas de HIV induce la expresión de IFN I, ya que la infección es detectada por proteínas señalizadoras implicadas en la activación de la expresión de INF en respuesta a infecciones víricas. Sin embargo, cuando esta proteína está activa, degrada el ADN de cadena simple presente en el citoplasma, pero aquellas moléculas que se escapan de la degradación son capaces de integrarse en el genoma y no activan la respuesta inmune innata.

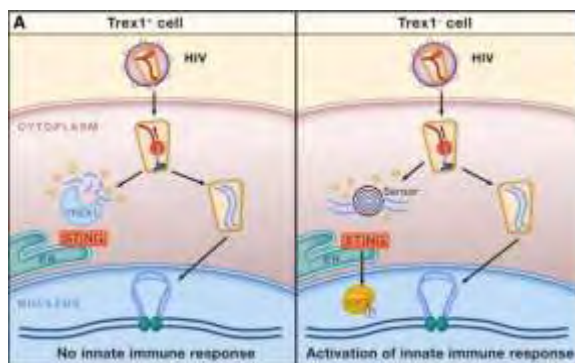


Figura 1: Esquema del mecanismo de acción del virus del sida en células TREX<sup>+</sup> y TREX<sup>-</sup>.<sup>4</sup>

Por lo tanto, debido a la acción de esta proteína el virus del sida, que es capaz de escapar a su actividad exonucleasa, consigue integrarse para comenzar su ciclo infectivo y, además, pasar desapercibido al sistema inmune innato.

Otro factor importante está relacionado con las células dendríticas. Se sabe que el virus del sida es específico a la hora de infectar las células, ya que requiere que se expresen tanto el receptor CD4 como correceptores concretos. Por lo tanto, esta especificidad

limita su capacidad de infección a los linfocitos T CD4<sup>+</sup> y a las células mieloides (macrófagos y células dendríticas), pero se conoce que los linfocitos son mucho más susceptibles a la infección que las células dendríticas. Sin embargo, a pesar de que parecen ser más resistentes a la infección, estas células son capaces de incorporar partículas virales completas, y el virus aprovecha esta capacidad para infectar aquellos linfocitos que entran en contacto con el macrófago que los ha incorporado, a la vez que impide que los macrófagos activen la respuesta inmune.

La capacidad de las células dendríticas de evitar la infección por el virus del sida parece estar determinada por el factor SAMHD1, que impide la transcripción reversa del genoma viral. Este mecanismo se produce gracias a que el virus HIV-1 no codifica la proteína Vpx (que si es codificada por virus análogos como el SIV y el HIV-2), que es la encargada de provocar la degradación de SAMHD1.

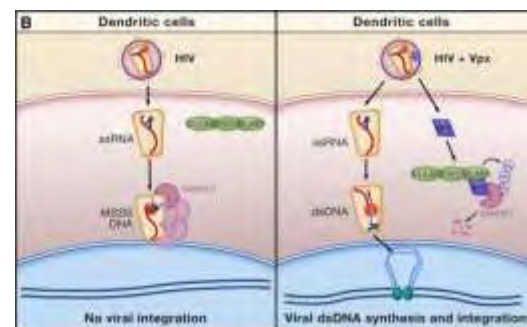


Figura 2: Esquema del mecanismo de acción del virus del sida en células dendríticas según esté presente o no la proteína Vpx.<sup>4</sup>

Al parecer, este mecanismo también evita, aún no se sabe muy bien cómo, que se active la respuesta inmune innata.

Por lo tanto, hay algunos mecanismos tanto celulares como virales que impiden que el sistema inmune innato se active en la infección de HIV. Se piensa que una correcta activación de este sistema podría mejorar considerablemente la eficacia de

los tratamientos y permitir el desarrollo de vacunas realmente efectivas. Por lo tanto, se hace patente la necesidad de seguir investigando estos mecanismos y las posibles soluciones para poder llegar al fin al tratamiento y las vacunas definitivas contra el virus del sida.

#### **Bibliografía**

<sup>1</sup>Gilad Doitsh, Marielle Cavrois, Kara G. Lassen, Orlando Zepeda, Zhiyuan Yang, Mario L. Santiago, Andrew M. Hebbeler, and Warner C. Greene (2010) Abortive HIV Infection Mediates CD4 T Cell Depletion and Inflammation in Human Lymphoid Tissue. *Cell* 143, 789-801.

<sup>2</sup>Kasia Hrecka, Caili Hao, Magda Gierszewska, Selene K. Swanson, Malgorzata Kesik-Brodacka, Smita Srivastava, Laurence Florens, Michael P. Washburn and Jacek Skowronski (2011) Vpx relieves inhibition of HIV-1 infection of macrophages mediated by the SAMHD1 protein. *Nature* 474, 654-657.

<sup>3</sup>Nadine Laguette, Bijan Sobhian, Nicoletta Casartelli, Mathieu Ringeard, Christine Chable-Bessia, Emmanuel Ségéral, Ahmad Yatim, Stéphane Emiliani, Olivier Schwartz and Moncef Benkirane (2011) SAMHD1 is the dendritic –and myeloid-cell-specific HIV-1 restriction factor counteracted by Vpx. *Nature* 474, 654-657.

<sup>4</sup>Nicolas Manel and Dan R. Littman (2011) Hiding in plain sight: how HIV evades innate immune responses. *Cell* 147, 271-274.

## *MOLEQLA GENERAL*





Artículo realizado por  
Aurora Laborda Illanes

## EL CALIFORNIO COMO FUENTE PORTÁTIL DE EMISIÓN DE NEUTRONES

**¿Qué es el californio? ¿Conocéis algunas de sus aplicaciones? El Californio (Cf) fue el sexto elemento transuránico de la serie de los actínidos en ser descubierto por cuatro investigadores en la universidad de Berkeley. Los isótopos de este elemento tienen varias aplicaciones útiles como la terapia contra el cáncer del 252-Cf y la localización de petróleo y de humedad, además de algunas otras. Sin embargo, también tiene efectos perjudiciales para la salud y el medio ambiente debido a su toxicidad.**

**Palabras clave** Sintético, radiactividad, ciclotrón, neutrón, isótopo.

### Origen

El californio es un elemento químico que pertenece a la serie de los actínidos y es muy radiactivo, ya que es un potente emisor de neutrones. No se puede encontrar en la naturaleza, sino que es un elemento sintético que fue descubierto por Stanley Thompson, Kenneth Street, Ghiorso Albert y Glenn Seaborg (Figura 1) en 1950 en la Universidad de California, Berkeley. Dicho elemento recibe su nombre de este lugar.

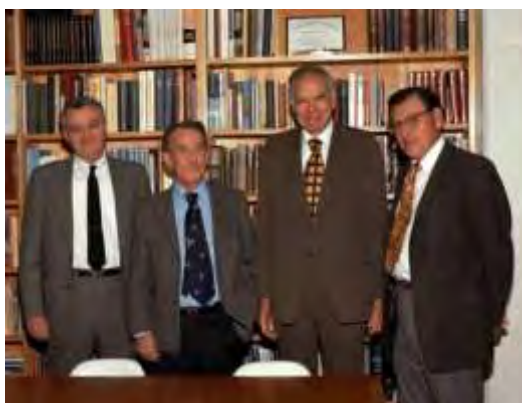


Figura 1. Los cuatro descubridores del Californio (Cf, elemento 98) como parte del 25 aniversario de su descubrimiento. De izquierda a derecha: Kenneth Street, Jr., Stanley G. Thompson, Glenn T. Seaborg, and Albert Ghiorso<sup>1</sup>.

Estos investigadores bombardearon Curio-242 con partículas alfa de iones Helio de 35 MeV (Megaelectronvoltio) en el ciclotrón (Figura 2 y Figura 3) de 60 pulgadas de Berkeley. Cada reacción creaba Californio-245, con una vida media de 45 minutos, y un neutrón.



Figura 2. El Ciclotrón es un acelerador circular de partículas que consigue acelerar los iones haciéndolos girar en órbitas de radio y energías crecientes mediante la aplicación combinada de un campo magnético y un campo eléctrico variable<sup>2</sup>.

### Aplicaciones:

El californio es una de los pocos elementos transuránicos que tienen aplicaciones. La mayoría de ellas se consiguen utilizando

isótopos de este elemento. El principal isótopo o, mejor dicho, más utilizado es el Californio-252 (Cf-252), que es un potente emisor de neutrones. Un microgramo (0.000001 gramos) de californio-252 produce 170 millones neutrones por minuto.



Imagen 3. Esquema de un ciclotrón con sus distintas partes<sup>3</sup>.

Esta emisión de neutrones tan fuerte producida por el 252-Cf (conocida como fuente portátil de emisión de neutrones) es utilizada para detectar algunos metales, como oro y plata, mediante una técnica conocida como activación de neutrones. Mediante esta técnica también se pueden analizar muestras médicas e industriales. Consiste en irradiar con neutrones una muestra o una cantidad de materia. De esta forma la materia interacciona con los neutrones y puede producir un núcleo excitado. Cuando recupera su estado estable produce una radiación de partículas gamma que es característica de dicho núcleo y de la reacción realizada. Posteriormente se mide el espectro emitido y con él se determina el tipo de elemento presente en la muestra analizada y la cantidad de este.

Los medidores de humedad también utilizan este isótopo del Cf para detectar agua y fuentes de petróleo, y dicho isótopo también proporciona neutrones para la puesta en marcha de reactores nucleares. Otra aplicación muy importante del 252-Cf

es su uso en tratamientos contra algunos tipos de cáncer, como el de cuello uterino, cuando otras técnicas de radioterapia no resultan efectivas.

#### **Precauciones:**

Su uso no es del todo adecuado porque es un elemento muy tóxico debido a su alta radiactividad y esto produce efectos en el medio ambiente y en las personas. Puede producir distintos tipos de cáncer, como leucemias, fertilidad limitada y mayormente problemas en la descendencia.

#### **Curiosidades:**

Hay hipótesis que afirman que el californio puede producirse en explosiones estelares de supernovas debido a que la desintegración radiactiva del isótopo 254-Cf coincide con las características de las curvas de luz de dichas explosiones observadas a través de un telescopio, pero aun no se ha comprobado que esta hipótesis sea cierta.

Otra de las curiosidades de este elemento es que la vida media de sus isótopos varía desde los milisegundos hasta aproximadamente 898 años, como anteriormente he nombrado.

#### **Conclusión:**

Como todos sabemos, el Cf no es un elemento muy conocido por la mayoría de las personas. A pesar de esto, tiene múltiples aplicaciones y a medida que vamos conociéndolo vamos descubriendo aún más. Para mí, su aplicación más importante es la de la medicina. Actualmente, esta aplicación en la medicina como tratamiento para determinados tipos de cáncer, como el cáncer de cuello uterino, no es utilizada frecuentemente porque probablemente no se considere el método mas adecuado debido a su alta radiactividad, pero día a día iremos

conociendo más cómo utilizar el Cf para sacar el máximo partido a este elemento, el cual considero muy interesante.

También es posible que sea poco utilizado ya que al ser un elemento artificial sea muy costoso producirlo, es decir, es más fácil, en algunos casos, utilizar elementos que se encuentran directamente en la naturaleza

### Referencias

<sup>1</sup>[http://www.lbl.gov/LBL-](http://www.lbl.gov/LBL-PID/Nobelists/Seaborg/65th-anniv/22.html)

[PID/Nobelists/Seaborg/65th-anniv/22.html](http://www.lbl.gov/LBL-PID/Nobelists/Seaborg/65th-anniv/22.html)

<sup>2</sup><http://institucional.us.es/divulgacioncna/02-aceleradores/02ciclotron.html>

<sup>3</sup><http://el-ciclotron.blogspot.com/es/>

<sup>4</sup><http://education.jlab.org/itselemental/ele098.html>

<sup>5</sup><http://www.chemicool.com/elements/californium.htm>

<sup>6</sup><http://www.rsc.org/periodictable/element/98/californium>

<sup>7</sup><http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/1986/P1/p19860002143#!divAbstract>

<sup>8</sup><http://www.qsa-global.com/sources/industrial-isotopes/californium-252.aspx>

<sup>9</sup><http://www.lenntech.com/periodic/elements/cf.htm>  
<http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull173/17305104750.pdf>

<sup>10</sup><http://descubrirquimica.wordpress.com/guia-de-los-elementos-quimicos/el-californio/>

<sup>11</sup><http://www.uam.es/docencia/elementos/spV21/connarcos/elementos/cf.html>

<sup>12</sup><http://institucional.us.es/divulgacioncna/02-aceleradores/02ciclotron.html>

<sup>13</sup><http://www.lbl.gov/LBL-PID/Nobelists/Seaborg/65th-anniv/22.html>

<sup>14</sup><http://www.ipen.br/arcas/arquivos/129.pdf>



Artículo realizado por  
Gonzalo Vígara Astillero

## GRAFENO, EL MATERIAL DEL FUTURO. ¿POSIBILIDAD REAL O PURA FANTASÍA?

**El grafeno es un material aislado hace relativamente poco. Es un alótropo del carbono con un amplio abanico de aplicaciones, pudiéndose usar en cualquier ámbito. Sin embargo su fabricación es costosa y el rendimiento de estos procesos es muy pequeño en comparación con su coste. No obstante, todavía nos queda un amplio camino por recorrer, en el que descubriremos más sobre este compuesto, así como nuevas formas de producirlo y aprovecharlo.**

**Palabras clave** Grafeno, producción, uso, investigación, nuevos materiales

El grafeno es considerado el material del futuro, no solo por su increíble espesor (1 átomo), sino por sus características en cuanto a conductividad térmica y eléctrica, flexibilidad e increíble dureza, en la cual supera incluso la dureza del diamante. También es impermeable y transparente. No solo nos permitiría tener ordenadores

mucho más potentes y con menor consumo, u objetos tales como pantallas flexibles; sino que podría revolucionar todos los ámbitos de la vida moderna.

En términos químicos, el grafeno es un alótropo del carbono, un una lámina de complejos hexagonales planos (como un

panal de abeja) (Fig.1) formado por átomos de carbono y enlaces covalentes que se forman a partir de la superposición de los híbridos  $sp^2$  de los carbonos enlazados.<sup>1</sup>

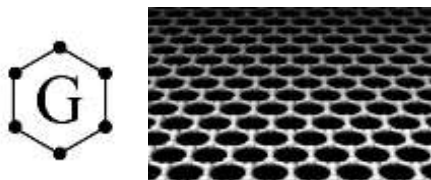


Figura 1. Es un compuesto de complejos hexagonales formados por carbono, como un panal de abeja. Imagen de grafeno.com.

El grafeno fue aislado finalmente gracias a los experimentos de los investigadores de la Universidad de Manchester Andre Geim (Sochi, 1958) y Konstantin Novoselov (Nizhny Tagil, 1974) (Fig.2), que recibieron el Premio Nobel de física en 2010, haciendo que el interés por este material se disparara. Aunque el interés por el mismo nació a raíz de este hecho, el grafeno ya ha sido descrito con anterioridad, exactamente en 1930, aunque no se ha descubierto su utilidad hasta hace unos pocos años.<sup>2</sup>



Figura 2. Andre Geim (izda.) y Konstantin Novoselov (dcha.) frente a la entrada de la universidad donde investigan. Foto de Ap Agencia.

Hasta ahora podemos hablar de dos métodos principales de producción de grafeno: “Exfoliación Mecánica” y

Descomposición química en fase vapor” (Chemical Vapor Deposition, CVD).<sup>3</sup>

La primera técnica (Fig. 3) es la más simple existente. Consiste, en pequeña escala, en coger por ejemplo polvo de la mina de un lápiz y esparcirlo sobre una lámina de cinta adhesiva. Pasar por varias cintas para separar las láminas de grafito, obteniendo de esta forma una lámina de grafeno. Aunque es un proceso sencillo y barato, no tiene gran rendimiento, por lo que su aplicación industrial no es rentable, además de ser un proceso extremadamente lento.

La técnica de CVD (Fig.4) es más compleja. Es la técnica utilizada por empresas como Graphenea, la cual tiene mayor rendimiento que la exfoliación mecánica. La propia compañía nos ofrece una descripción del proceso: “Se realiza en un reactor CVD donde se introduce un gas con carbono. Mediante la aplicación de energía se depositan los átomos de carbono sobre un sustrato metálico. El siguiente paso es transferir la lámina de grafeno al sustrato final que puede ser un polímero, vidrio, silicio u otros, dependiendo de la aplicación”. El coste de la lámina de grafeno en este caso es elevado, entre 300 y 1000 euros por lámina; además de que la obtención del grafeno no es pura, sino que se obtiene una lámina o bien con mayor espesor o con muchas redes yuxtapuestas, por lo que se pierden las características de este material.

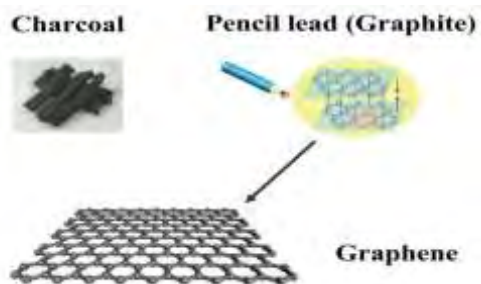


Figura 3. Obtención de una lámina de grafeno mediante exfoliación mecánica de virutas de la mina de un lápiz. Imagen de archivo.

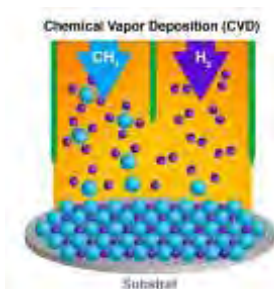


Figura 4. Técnica de CVD, en la cual se obtiene grafeno en grandes cantidades, aunque pueden producirse alteraciones en el mismo. Figura de archivo.

Aunque tenemos que resaltar una noticia reciente, en la cual se hablaba de un nuevo modo de producción de grafeno que abarata costes y hace este material asequible. Este método se basa en el uso de un aparato que es muy común en los laboratorios, un limpiador ultrasónico (Fig. 5). En este método, se utiliza polvo de óxido de grafito suspendido en agua y con el uso del limpiador ultrasónico se separan las láminas del mismo, obteniendo escamas de óxido de grafeno de 300nm de espesor, aunque no está del todo perfeccionado dado a que la presencia de oxígeno en el grafeno modificaría sus características conductoras. Este método ha sido desarrollado por científicos del Instituto de Química Física de la Academia Polaca de Ciencias (IPC PAS) en Varsovia y del Instituto de

Investigación Interdisciplinaria (IRI), en Lille (Francia).<sup>4</sup>



Figura 5. Un simple limpiador ultrasónico puede resultar la forma barata que se busca de obtener grafeno.

Tratando ahora sus usos, tenemos que referirnos al principal enfoque del mismo: sustituto del silicio. El grafeno es un material con una alta conductividad térmica y eléctrica, capaz de hacer la misma tarea que el silicio con menor consumo.

Debido a esto, empresas como IBM han hecho una gran inversión en dicho material. Esta misma empresa anunció, en febrero de 2010, que había logrado fabricar transistores de grafeno (Fig. 6) que trabajan a una frecuencia de 100GHz. En 2011 actualizó su transistor, que llega a una frecuencia de 155GHz sin prácticamente emisión de calor.<sup>5</sup>

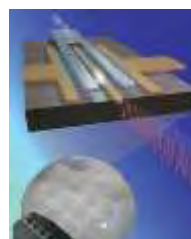


Figura 6. Transistor creado y desarrollado por IBM, con una frecuencia de 155 GHz. Con esto se espera poder crear ordenadores más rápidos y con menor consumo energético. Imagen de google.

También se busca su aplicación en el ámbito de las baterías. Un ejemplo es el empleo del grafeno para la mejora de la batería de Ni-Fe de Thomas Edison. Esta batería fue creada en 1903 y pensada para su uso en coches, aunque su fabricación fue decayendo. En la actualidad, un grupo de



científicos de la Universidad de Stanford, en Estados Unidos, ha conseguido crear una batería siguiendo este modelo y con el uso de estructuras de grafeno, que se recarga en 2 minutos y se descarga en 30 segundos. Aunque estos tiempos no son para nada rentables, con la investigación en este campo seguramente se conseguirá una batería con mayor rendimiento para su uso en automoción principalmente.<sup>6</sup>

Por último hay que hablar de la más reciente aplicación encontrada para el grafeno, la de desalinizador de agua. Este método promete ser más eficiente y barato que los actuales métodos de desalinización. Para ellos, los investigadores Jeffrey Grossman y David Cohen-Tanugi perforaron una lámina de grafeno e impregnaron los bordes de estas perforaciones con materiales químicos capaces de interaccionar con las moléculas de agua, atrayéndolas o repeliéndolas (Fig. 7). Este método de trabajo es mucho más barato y rápido que las opciones actuales, como la ósmosis inversa, la cual tiene que trabajar a una presión mucho mayor que esta técnica; además de poder acercar la desalinización a regiones que no tengan acceso a fuentes de agua dulce pero que estén cerca de un océano o mar.<sup>7</sup>

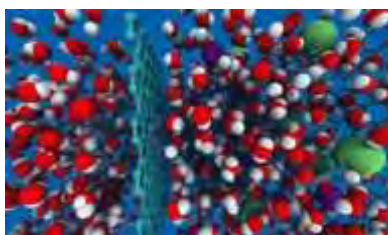


Figura 7. Interacción del agua con la lámina de grafeno. Su uso como desalinizador promete gran efectividad. Imagen de grafeno.com

En conclusión, el avance científico y la investigación en los campos relativos al grafeno, tanto en su producción como en sus aplicaciones, están consiguiendo que este material sea el que consiga revolucionar, a largo plazo, todos los ámbitos de nuestras vidas, mejorando la calidad de la misma de una manera brutal. Los nuevos descubrimientos, junto con su uso como renovador de antiguas y grandes ideas (como sucede con la pila de Edison) harán de este un material que no tenga límites, del cual siempre podremos obtener más.

### Referencias

- <sup>1</sup><http://grafeno.com/que-es-el-grafeno/>
- <sup>2</sup><http://grafeno.com/nobel-de-fisica-grafeno/>
- <sup>3</sup><http://www.culturamas.es/blog/2010/10/27/grafeno-el-descubrimiento-tecnologico-del-siglo-xxi/>
- <sup>4</sup><https://export.writer.zoho.com/public/jaracruz/welcome/fullpage>
- <sup>5</sup>[ingenierias.uanl.mx/52/52\\_Obtencion.pdf](http://ingenierias.uanl.mx/52/52_Obtencion.pdf)
- <sup>6</sup><http://www.abc.es/20120621/ciencia/abci-logran-fabricar-grafeno-material-201206211049.html>
- <sup>7</sup><http://grafeno.com/nuevo-transistor-de-grafeno-desarrollado-por-ibm-capaz-de-operar-hasta-una-frecuencia-de-155ghz/>
- <sup>8</sup><http://www.elmundo.es/elmundo/2012/06/26/ciencia/1340708043.html>
- <sup>9</sup>[http://noticiasdelaciencia.com/not/4881/laminas\\_de\\_grafeno\\_para\\_desalinizar\\_agua\\_con\\_mayor\\_eficacia/](http://noticiasdelaciencia.com/not/4881/laminas_de_grafeno_para_desalinizar_agua_con_mayor_eficacia/)



Artículo realizado por  
Laura Martínez Vidal

## ANESTESIA Y PROPULSIÓN DE COHETES, ¿QUÉ TIENEN EN COMÚN?

Desde que un odontólogo americano observase en un espectáculo de circo los efectos anestésicos de un gas, la anestesia ha evolucionado notablemente, siendo un componente imprescindible en nuestra vida médica. Los cohetes, utilizados en el envío de naves y artefactos diversos también han experimentado grandes cambios en su propulsión. Observando lo alejados que están sus respectivos campos de aplicación, ¿es posible establecer una relación entre estos fenómenos tan diferentes?

**Palabras clave** Xenón, aire, anestesia, cohetes, investigación

La respuesta es sí. El responsable de vincular de alguna forma la anestesia<sup>1</sup> y la propulsión iónica de cohetes es el xenón, gas noble del quinto periodo. “Pero, ¿eso no se usa en lámparas y faros?” (figura 1), podría preguntarnos alguien; así es, este elemento es ampliamente utilizado en la producción de dispositivos emisores de luz; tales como faros, cámaras de rayos X, lámparas... Sin embargo, sus aplicaciones no terminan aquí. Desde el estudio de la edad de los meteoritos hasta nuestros quirófanos, deteniéndonos en los faros de nuestros coches y el envío del satélite del que depende la cobertura de nuestro móvil; el xenón está presente y, por norma general, ampliamente ignorado.

Gas noble con 54 como número atómico, incoloro e inodoro; el xenón abunda en forma monoatómica, es más denso que el aire y el estado de agregación en el que predomina es el gaseoso. Podemos encontrarlo en pequeñas trazas en el aire de nuestra atmósfera. Su concentración es mínima y su extracción costosa.



Figura 1. Faros de xenón de un coche.

### Xenón y anestesia<sup>2</sup>.

El carácter anestésico del xenón reside en su capacidad de interacción con diversos complejos químicos celulares (como son los componentes de la membrana plasmática, diversas proteínas, enzimas y otras biomoléculas). Esta interacción se atribuye a las fuerzas intermoleculares que surgen cuando el xenón, mediante un proceso de inducción, adquiere carácter de dipolo.

Destaca su efecto inhibitorio sobre la bomba de calcio (complejo proteico encargado de la regulación de la concentración de calcio a través de la membrana celular). Este efecto inhibitorio desencadena el aumento de la

concentración de calcio intracelular, lo cual altera notoriamente la excitabilidad de esta membrana.



Figura 2. El xenón es utilizado como anestésico inhalatorio.

### **El xenón en la industria aeroespacial.**

La aplicación de este gas noble en dicho sector es relativamente reciente. Mediante el proceso de resonancia electrón ciclotrón (ECR)<sup>3</sup>, se realiza la ionización necesaria para la propulsión iónica (en la figura 3 aparece un propulsor iónico). Este proceso ioniza los átomos combinando energía proveniente de ondas microondas y campos magnéticos del siguiente modo: un campo magnético uniforme es aplicado sobre el xenón contenido en una cámara y la radiación de microondas se realiza con una frecuencia igual a la frecuencia de ciclotrón (frecuencia a la que podemos encontrar electrones libres que rodean la órbita del xenón alrededor de las líneas del campo magnético). De esta manera, la energía necesaria para la ionización de los átomos de xenón es suministrada. Estos electrones obtenidos en la ionización, ionizarán a su vez al resto de átomos mediante colisiones, obteniendo finalmente xenón en estado plasma.



Figura 3. Propulsor iónico.

Como podemos comprobar, las aplicaciones de un elemento pueden diferir notablemente en los campos en los que es utilizado, al igual que las técnicas utilizadas para dicha utilización, métodos, etc. Los procesos comentados en este artículo son solo ejemplos de las múltiples aplicaciones del xenón. Esto nos hace plantearnos la siguiente cuestión, ¿somos conscientes de todo lo que queda por descubrir? ¿Ignoramos en realidad el gran camino de descubrimientos pendientes que tiene la humanidad? Dada la era de avances tecnológicos en la que vivimos, en la que el internet y la telefonía móvil así como otros diversos aparatos rigen nuestro modo de vida, parece poco probable que quede algún gran avance por realizar. Hace 133 años, cuando Thomas Edison descubrió la bombilla, se creía que el avance tecnológico había alcanzado su punto cumbre, nada más lejos de la realidad como hemos podido comprobar.

Por ello, es necesario no caer en el error de tomar nuestra época como el punto álgido del descubrimiento científico, no podemos dar por conocidas todas las aplicaciones, usos y características de ciertos elementos, compuestos y reacciones ya descubiertos y estudiados a lo largo del tiempo, quién podría imaginar todo lo que queda por descubrir, inventar y conseguir y de lo que quizá, algún día, dependamos en nuestro día a día.

## Referencias

<sup>1</sup><http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-257915>

<sup>2</sup><http://es.scribd.com/doc/12604686/Xenon-el->

*anestésico-del-futuro*

<sup>3</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/Propulsor\\_i%C3%B3ni](http://es.wikipedia.org/wiki/Propulsor_i%C3%B3ni)



## EL SODIO METÁLICO, UN BIEN ESCASO

Artículo realizado por  
Patricia de la Cruz  
Ojeda

**El sodio es una sustancia altamente reactiva, y por ello no es posible encontrarla como tal en la naturaleza. Sin embargo, el sodio y aún más sus compuestos son de gran utilidad en la industria. Para obtenerlo se somete a electrólisis el cloruro de sodio fundido, la sal común, que sí se encuentra en grandes cantidades en la naturaleza. El proceso utilizado para ello se denomina método de Downs. Se basa en las diferentes densidades de los elementos que componen el cloruro de sodio para que puedan ser recolectados. También evita que el sodio y el cloro producidos vuelvan a formar la sal.**

**Palabras clave** Cloruro de sodio, celdas de Downs, cátodo, ánodo, electrólisis

El sodio, como tal, (figura 1) es imposible de encontrar en la naturaleza debido a que es altamente reactivo, reacciona violentamente con el agua y se oxida en contacto con el aire. Como elemento tiene, por tanto, pocos usos. Es muy útil para aislar potasio y zirconio a partir de sus compuestos, y también para la purificación de metales fundidos.



Figura 1. Sodio metálico

Al contrario que el sodio, los compuestos de este metal tienen amplias aplicaciones. Se convirtió, por ejemplo, en un metal muy popular ya que se empleaba en la fabricación del tetraetilo de plomo ((CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>Pb), un aditivo antidetonante de las gasolinas que se dejó de utilizar por su toxicidad para el sistema nervioso. Actualmente, una aleación de sodio al 24% con potasio al 76% se utiliza como refrigerante para aumentar la duración de las válvulas de escape de los motores de aviación. En la industria, el bicarbonato de sodio se emplea para la fabricación de levaduras químicas, bebidas carbonatadas y medicamentos efervescentes ya que este compuesto reacciona a ciertas temperaturas o con ciertos ácidos produciendo dióxido de carbono. El hidróxido de sodio es otro compuesto de gran utilidad, sobre todo en la industria

textil, en la papelera y para la esterilización de envases reutilizables de vidrio.

El sodio es el séptimo elemento más abundante en la corteza terrestre. Se encuentra sobre todo formando sales como el cloruro de sodio, el sulfato de sodio, el borato de sodio o el nitrato de sodio. El cloruro de sodio es el compuesto más familiar ya que se emplea día a día y se usa desde la antigüedad. A partir de él se puede obtener el sodio metálico.

El proceso por el que se obtiene sodio a partir de la electrólisis del cloruro de sodio fundido se denomina método de Downs. Se lleva a cabo en una celda de Downs, que consiste en un cubo de acero cuyo diseño facilita que tras la electrólisis no se vuelva a formar cloruro de sodio. Dentro nos encontramos los dos electrodos, concretamente un ánodo de grafito (donde tiene lugar la oxidación del ión de cloro) y un cátodo de hierro con forma de anillo (donde tiene lugar la reducción del ión sodio). Ambos electrodos están separados por un diafragma para evitar que los productos se mezclen (figura 2). Además, una campana rodea al ánodo para recolectar el  $\text{Cl}_2$ . El sodio se recoge fundido a través de una pipa de colección. Ascende hasta ella por su menor densidad.

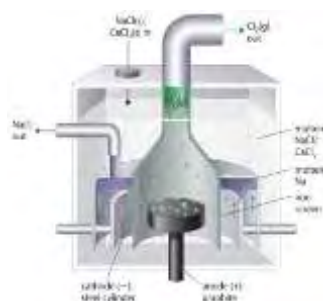


Figura 2. Esquema de una célula de Downs. El cloruro de sodio es un compuesto iónico que no conduce la electricidad en

estado sólido, pero sí en estado líquido. Su punto de fusión se encuentra aproximadamente en torno a los  $800\text{ }^\circ\text{C}$ , pero si se añade cloruro de calcio como catalizador, su punto de fusión disminuye hasta los  $600\text{ }^\circ\text{C}$ . Esta disminución es importante no solo para disminuir los gastos económicos sino para el proceso en sí. A  $800\text{ }^\circ\text{C}$  es imposible separar el sodio formado del cloruro de sodio fundido, así que la adición del catalizador es necesaria para llevar a cabo el proceso completo. En la práctica también se obtiene calcio, pero no se mezcla ni reacciona con el sodio debido a la diferencia de densidades. El calcio formado se recolecta de igual forma que el sodio y se vuelve a utilizar.

Como ya se ha comentado, en el ánodo tiene lugar la oxidación del cloro y en cátodo la reducción del sodio. Tal y como se puede observar en las semirreacciones (figura 3), se forma sodio metálico a partir del ión de sodio que proviene del cloruro de sodio, y cloro gaseoso. En este caso, los electrodos de grafito y hierro son inertes, es decir, que no intervienen en la reacción.

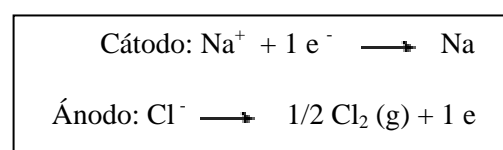


Figura 3. Semirreacciones de la electrólisis del cloruro de sodio.

Actualmente en las celdas de Downs se aplica un potencial de 7 u 8 voltios. Al tratarse de una electrólisis es necesario aplicarlo, al contrario que en reacciones de oxidación-reducción normales donde se origina electricidad. El sodio tiende normalmente a perder un electrón, mientras que el cloro tiende a ganarlo. Sin embargo, en la electrólisis ocurre exactamente lo contrario, por ello es

necesario aplicar ese potencial, porque si no, no se obtendría sodio a partir del cloruro de sodio.

En definitiva, el proceso de Downs nos permite abaratar los costes de la producción de sodio metálico por varias razones. En primer lugar, debido al uso de un catalizador que disminuye la temperatura de fusión del cloruro de sodio no se requiere aplicar tanto calor y se disminuye el dinero invertido en ello. Y en segundo lugar, en una célula de Downs el sodio y el cloro obtenidos no se

mezclan, por lo que además de abaratar los costes se consigue agilizar el proceso.

#### Referencias

1. [www.webelements.com](http://www.webelements.com)
2. [www.profesorenlinea.cl](http://www.profesorenlinea.cl)
3. [herramientas.educa.madrid.org](http://herramientas.educa.madrid.org)
4. [www.buzzle.com](http://www.buzzle.com)
5. [www.corrosion-doctors.org](http://www.corrosion-doctors.org)
6. [www.citycollegiate.com](http://www.citycollegiate.com)
7. [catalog.flatworldknowledge.com](http://catalog.flatworldknowledge.com)
8. [wikienergia.com](http://wikienergia.com)



Artículo realizado por  
Irene García Roldán

## MOLIBDENO: UN METAL MUCHO MÁS IMPORTANTE DE LO QUE PENSAMOS

**El molibdeno, a pesar de ser un elemento químico prácticamente desconocido para todo aquel ajeno a la ciencia, es uno de los oligoelementos de nuestro organismo. Por esta razón, desempeña numerosas funciones en los seres vivos. Además de su papel en el organismo, el molibdeno es un metal muy utilizado en aleaciones y que tiene numerosas aplicaciones en diferentes industrias como pueden ser la aeroespacial, la automovilística o la química.**

*Palabras clave* Mo, metal, aleación, oligoelemento, oxotransferasas

El molibdeno (Mo) es un elemento químico que pertenece a la serie química de los metales de transición y cuyo número atómico es el 42. Tiene un color blanco-plateado y sus principales características son la resistencia, la durabilidad y la capacidad para soportar temperaturas altas y corrosión violenta. Su nombre tiene origen en el griego molybdos que significa “como el plomo” lo cual hace alusión a su color. El molibdeno no se encuentra de forma libre en la naturaleza y su origen

tuvo lugar a mediados del siglo XVIII cuando el científico sueco Carl Wilhelm Scheele determinó que la molibdenita (Figura 1) era un compuesto de sulfuro con otro elemento no identificado. Ese elemento era el molibdeno.

Por un lado, el molibdeno es un metal muy utilizado en aleaciones. Su historia comienza en 1891, cuando la compañía francesa Schneider & Co. lo utilizó por

primera vez como elemento de aleación de acero en armaduras de placas.



Figura 1. Molibdenita ( $\text{MoS}_2$ )

Posteriormente, durante la Primera Guerra Mundial, se produjo una fuerte demanda de wolframio (también llamado tungsteno) que es un metal utilizado en aleaciones. Por esta razón, se produjo una fuerte escasez de este metal, y fue entonces cuando se utilizó el molibdeno en sustitución del tungsteno.

Este gran aumento en la demanda de molibdeno dio lugar a una intensa búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento que culminó con el desarrollo del depósito Climax en Colorado (EEUU) y su puesta en marcha en 1918. Después de la guerra, se redujo la demanda de acero de aleación, lo cual culminó con intensos esfuerzos de investigación para desarrollar nuevas aplicaciones civiles para el molibdeno, como por ejemplo su uso para la fabricación de piezas de automóviles (Figura 2). Años más tarde, durante la Segunda Guerra Mundial se produjo una mayor inversión en la investigación para el desarrollo de nuevas aplicaciones de este metal.

Actualmente, el molibdeno es utilizado en numerosos procesos como en la fabricación de piezas de aviones y automóviles, en tubos electrónicos, en la obtención de catalizadores para la industria petrolera o en los procesos industriales de los lubricantes.

Además, se utiliza en la industria química (pigmentos para plásticos, pinturas y compuestos de caucho), en la electrónica (conductores eléctricos), en la aeroespacial, en la automotriz... e incluso puede ser utilizado en la fabricación de pantallas LCD, en el tratamiento de aguas o en la aplicación de rayos láser.



Figura 2. Wills Saint Claire – El primer automóvil construido con aleaciones de molibdeno.

Actualmente, el molibdeno es utilizado en numerosos procesos como en la fabricación de piezas de aviones y automóviles, en tubos electrónicos, en la obtención de catalizadores para la industria petrolera o en los procesos industriales de los lubricantes.

Además, se utiliza en la industria química (pigmentos para plásticos, pinturas y compuestos de caucho), en la electrónica (conductores eléctricos), en la aeroespacial, en la automotriz... e incluso puede ser utilizado en la fabricación de pantallas LCD, en el tratamiento de aguas o en la aplicación de rayos láser.

Por otro lado, el molibdeno es un oligoelemento, por lo que es un metal muy importante para los seres vivos y que realiza numerosas funciones en el organismo (algunas de las cuales serán mencionadas posteriormente). Se encuentra

en el cofactor de molibdeno (Figura 3) en unas enzimas llamadas oxotransferasas. Su función como cofactor es transferir los átomos de oxígeno del agua a la misma vez que se produce la transferencia de dos electrones. Algunos ejemplos de estas enzimas son la xantina oxidasa (que se encarga de oxidar la xantina a ácido úrico), la aldehído oxidasa (encargada de la oxidación de los aldehídos, las aminas y los sulfuros en el hígado), la sulfito oxidasa (que produce la oxidación de los sulfitos en el hígado) y la nitrato reductasa (muy importante en el ciclo del nitrógeno en las plantas). Se conoce que, al menos, existen 50 enzimas que contienen este metal en su composición y que se encuentran mayoritariamente en las bacterias.

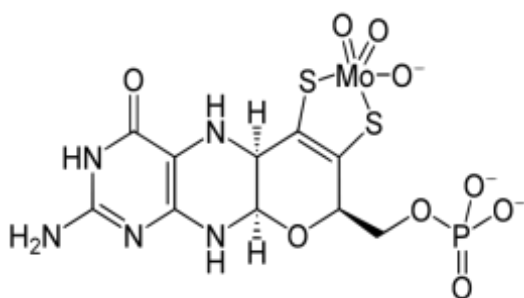


Figura 3. Cofactor de molibdeno presente en las oxotransferasas.

El molibdeno realiza importantes funciones en el organismo, algunas de las cuales son: absorber el hierro que hay en el hígado, metabolizar las grasas y los hidratos de carbono, prevenir la caries dental, favorecer el crecimiento y el desarrollo...

Asimismo, al ser un oligoelemento esencial, debe ser ingerido en los alimentos. Las principales fuentes de molibdeno son la leche y productos lácteos, las legumbres, la carne y sus vísceras (hígado y riñón) y los cereales y sus derivados (Figura 4). Ahora bien, tanto el déficit como el exceso de

molibdeno llevan asociados una serie de consecuencias. Por un lado, un exceso de este metal puede provocar diarrea, retraso en el crecimiento, infertilidad e incluso bajo peso al nacer. Además, también pueden verse afectados los pulmones, los riñones y el hígado. Por otro lado, el déficit puede causar alteraciones en el pulso cardiaco, irritabilidad nerviosa, cáncer de esófago, impotencia masculina o caries dental.



Figura 4. Principales fuentes alimenticias del molibdeno.

En conclusión, el molibdeno es un metal muy poco conocido, pero que, sin embargo, tiene numerosas aplicaciones, tanto en aleaciones como en el ámbito industrial, muchas de las cuales no son conocidas por la mayoría de las personas. Además, es un elemento fundamental para todos los seres vivos pues tiene un papel de suma importancia en el metabolismo, y como hemos podido ver, su déficit o su exceso pueden provocar efectos negativos en los **seres vivos**.

#### Referencias

- <sup>1</sup><http://es.wikipedia.org/wiki/Molibdenita>
- <sup>2</sup><http://es.wikipedia.org/wiki/Molibdeno>
- <sup>3</sup>[http://www.imoa.info/http://www.molymex.com.mx/index.php?option=com\\_content&view=category&id=20%3Ausos-del-molibdeno&Itemid=5&lang=es](http://www.imoa.info/http://www.molymex.com.mx/index.php?option=com_content&view=category&id=20%3Ausos-del-molibdeno&Itemid=5&lang=es)
- <sup>4</sup><http://www.rdnatural.es/plantas-y-nutrientes-para-el-organismo/minerales/molibdeno/>
- <sup>5</sup>[http://www.uco.es/master\\_nutricion/nb/Gil%20Hernandez/Se%20Mn%20Cr%20Mo.pdf](http://www.uco.es/master_nutricion/nb/Gil%20Hernandez/Se%20Mn%20Cr%20Mo.pdf)
- <sup>6</sup><http://www.google.es/imghp?hl=es&tab=wi>





## MÁS FRIO QUE EL HELIO

Rosa Mª Jiménez Alejandre

**Cuando pensamos en el helio solemos hacerlo como el gas que hace flotar los globos. Sin embargo, la mayoría desconoce su importancia como elemento refrigerante, capaz de alcanzar temperaturas cercanas al 0 absoluto, fundamental para el desarrollo de diversos campos de la ciencia.**

**Palabras clave** *Licuefacción, superconductividad, superfluidez, criopreservación, refrigeradores de dilución.*

El Helio es uno de los elementos de la tabla periódica más popular, gracias a su uso en el llenado de globos y dirigibles (ya que es menos denso que el aire). También debido a sus curiosos efectos en la voz al inhalar pequeñas cantidades de este gas (la velocidad del sonido en el helio es mayor que en el aire).

Sin embargo, el Helio, gracias a sus características, tiene otro uso muy interesante, que va más allá de hacer volar la mítica casa de *Up* (figura 1), aunque menos conocido, el de **refrigerante**. El Helio es el segundo elemento de la tabla periódica. Es químicamente inerte, no se hace radiactivo y posee el **menor punto de ebullición** de todos los elementos (4,22 K). Esto es debido a que es un gas noble, por tanto no forma moléculas, y su peso molecular es muy pequeño (4,0026 u) pues su n° atómico es 2, es por ello por lo que es muy ligero.<sup>1</sup> Es el único elemento que nunca solidifica. **La licuefacción del Helio** solo se consigue a muy altas presiones. Ésta fue realizada por primera vez en 1908 por Kamerlingh-Onnes lo que le valió un Nobel de física. Fue sin duda un logro de proporciones gigantescas por las posteriores aplicaciones del helio líquido en diversos

campos, como en física experimental o incluso en biología.



Figura 1. Recreación de la casa de *Up* levitando por la acción de numerosos globos de Helio.

Una de sus principales aplicaciones es en superconductores. Sabemos que la **superconductividad** es la capacidad que poseen algunos materiales para conducir la corriente eléctrica sin pérdida de energía ni resistencia. Sin embargo, la resistividad eléctrica de estos materiales únicamente desaparece por debajo de una temperatura crítica. Aquí es donde interviene el helio líquido, capaz de enfriar los imanes proporcionándoles su carácter superconductor.

Algunas de las aplicaciones de estos materiales están en **trenes de levitación magnética** (conocidos como “magnev”, figura 2)<sup>2</sup> o en aceleradores de partículas,

como el **Gran Colisionador de Hadrones** del CERN que utiliza 96 toneladas de helio líquido para mantener sus imanes superconductores a una temperatura de 1,9 K. Fue este aparato el que permitió recientemente confirmar la existencia del **Bosón de Higgs**.<sup>1</sup>



Figura 2. La imagen muestra un tren experimental de fricción 0 en Japón, construido utilizando imanes superconductores enfriados por Helio.

También encontramos superconductores enfriados con helio líquido en aparatos de **resonancia magnética nuclear**, que aplican un campo magnético y radiofrecuencias para el estudio estructural o químico de una muestra. Son muy usados en hospitales para la obtención de imágenes de órganos y tejidos humanos.<sup>3</sup>

El helio también es un material importante en la industria energética pues refrigera los **reactores HTR** (High Temperature Reactor) de centrales nucleares, conduciendo el calor producido por la fisión nuclear hasta un intercambiador de calor que extrae y calor del medio refrigerante y, al mismo tiempo, genera energía útil.<sup>4</sup>

En el campo de la biología también es común el uso de refrigerantes, tanto el helio como el nitrógeno líquido. Este último es más económico pero incapaz alcanzar temperaturas tan bajas como el helio. Su uso se centra en la **criopreservación**, es decir, en la congelación o vitrificación de

células y tejidos con el objetivo de que se detenga la actividad biológica para mantener la muestra intacta durante mucho tiempo.<sup>5</sup> Normalmente las muestras son **gametos** utilizados en la reproducción asistida o **células madre** de cordones umbilicales, pero también se pueden congelar **organismos completos**, tales como seres humanos, aunque este último caso parece más propio de la ciencia ficción. El ejemplo más notable es ALCOR (figura 3), una empresa que se dedica a la preservación seres humanos después de su muerte legal para que en un futuro en el que la ciencia esté más desarrollada puedan ser devueltos a la vida.<sup>6</sup>



Figura 3. Aparece el presidente de Alcor rodeado de tanques contenedores en los que se encuentran individuos criopreservados.

Todo esto se refiere al uso del helio líquido, que, como hemos dicho antes, alcanza temperaturas de unos pocos Kelvin. No obstante, con otros métodos más avanzados podemos llegar a conseguir temperaturas de unos cuantos **milikelvin**, prácticamente el 0 absoluto. A temperaturas ultrabajas el Helio se convierte en un superfluido, de viscosidad nula. La idea que revolucionó la criogenia la dio Heinz London en 1951, en una conferencia sobre bajas temperaturas y consistía en realizar una mezcla de la misma proporción de dos isótopos a temperaturas muy bajas: **helio-3 y helio-4**, que se separan en dos fases espontáneamente. Cuando conseguimos pasar los átomos de helio-3 de la parte rica en este isótopo a la pobre obtenemos el enfriamiento. En esta técnica se basan los **refrigeradores de dilución**<sup>7,8</sup>. (figura 4)

y es usada en la **regulación térmica de sistemas espaciales** <sup>[9]</sup>, en la fabricación **patrones para calibrar sistemas eléctricos** con gran precisión o en la investigación de la **computación cuántica**, con unas moléculas que muestran memoria magnética a muy baja temperatura.<sup>10.</sup>



Figura 4: Detalle de un refrigerador de dilución.

Ahora que conocéis mejor las utilidades del helio entenderéis que cunda el pánico entre la comunidad científica ya que el elemento se ha sumado a la larga lista de cosas que empiezan a escasear en el planeta. En lo últimos años el helio, sobretodo el helio-3, se ha convertido en un material **escaso, caro y difícil de conseguir**. Las soluciones que se están barajando frente a este problema son: el **reciclaje** del gas con aparatos que minimicen las pérdidas y reutilicen el Helio; la búsqueda de **nuevas fuentes de Helio** como por ejemplo su recuperación del aire, aunque esta medida inflaría excesivamente su precio; o el replazo por **refrigerantes alternativos**

como los que están desarrollando científicos del ICMA, que se basan en la refrigeración magnética.<sup>11.</sup>

Dentro de esta incertidumbre lo que está claro es que la ciencia deberá avanzar de forma que no dependamos completamente de un recurso no renovable, por lo que es muy probable que tengamos que buscar un sustituto a nuestro querido gas noble. Esperemos que este no fuera el último vuelo de *Up*.

### Referencias

- <sup>1.</sup>[es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)
- <sup>2.</sup>Principios de química. Los caminos del descubrimiento." ATKINS.
- <sup>3.</sup><http://www.elmundo.es/elmundosalud/documentos/2003/10/mri.html>
- <sup>4.</sup>[http://www.ufpe.br/den/images/documentos/curso\\_prof\\_baron/tema04.pdf](http://www.ufpe.br/den/images/documentos/curso_prof_baron/tema04.pdf)
- <sup>5.</sup><http://crionica.org/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=99>
- <sup>6.</sup><http://www.alcor.org/>
- <sup>7.</sup><http://www.lawebdefisica.com/experim/refdilu/>
- <sup>8.</sup>[http://www.unizar.es/icma/depart/O5\\_rdm.htm](http://www.unizar.es/icma/depart/O5_rdm.htm)
- <sup>9.</sup>Informe de vigilancia tecnológica. "Gestión térmica de sistemas espaciales". INTA. Ministerio de defensa.
- <sup>10.</sup>[http://www.heraldo.es/noticias/suplementos/tercer\\_milenio/el\\_lugar\\_mas\\_frio\\_espana.html](http://www.heraldo.es/noticias/suplementos/tercer_milenio/el_lugar_mas_frio_espana.html)
- <sup>11.</sup><http://www.aragoninvestiga.org/investigadores-del-icma-disenan-los-nuevos-refrigerantes-del-futuro/>

<sup>1</sup> Figura 1: National Geographic.

<sup>2</sup>Figura 2: Atkins

<sup>3.</sup> Figura 3: New York Times.

<sup>4.</sup> Figura 4: Instituto de Ciencias de Materiales de Aragón.



Artículo realizado por Ana  
Isabel Rodríguez

## EL NEÓN, UN GAS NOBLE EN LAS VEGAS

**Gas noble. Su número atómico, el 10. Su símbolo, Ne. Es el material fundamental de los rótulos de muchos pubs y discotecas. Pero ¿De dónde sale este elemento? ¿Cuántos usos tiene? ¿Cómo es en su estado natural?**

*Palabras clave* Neón, elementos, materiales, industria, curiosidades

Los ingleses W. Ramsay y su ayudante M.W. Travers sospechaban que debían de existir unos elementos que se situaran en la tabla del sistema periódico junto al argón y al helio, entre los halógenos y los metales alcalinos, ocupando uno de los huecos sobrantes. Así, en 1898, comenzaron su búsqueda, primero en minerales y luego, en el aire atmosférico. Eliminando el oxígeno y el nitrógeno del aire licuado, observaron que quedaba un resto gaseoso que no reaccionaba con ninguna sustancia. De aquí resultó el descubrimiento del criptón y, algo más tarde, anunciaron el descubrimiento de un elemento aún más ligero: el neón, nombre que le asignaron, lógicamente, por ser el “nuevo” elemento.

El neón en estado natural es un gas incoloro, inodoro y que presenta nula tendencia a participar en reacciones químicas. De hecho, de ahí viene la denominación de “gas noble”, pues no se rebaja a unirse con otros elementos de la tabla periódica. Dadas las propiedades anteriores, este sería un elemento muy aburrido y carente de interés para nosotros, si no fuera por algunas de sus propiedades, que lo hacen ideal para ciertas funciones industriales y, digamos, comerciales.

Como todos sabemos, uno de los usos más populares del neón es la fabricación de tubos lumínicos.

Siempre que una descarga eléctrica de alto voltaje atraviesa un tubo de neón a baja presión, la energía provoca la excitación de sus electrones, que se desprenden y viajan a través del tubo. Este fenómeno produce un resplandor de color rojizo muy brillante (Figura 1).



Figura 1. El argón y el xenón también producen luz, pero de otros colores (celeste y violeta, respectivamente). Es decir, que aunque todos sean comúnmente llamados tubos de neón<sup>1</sup>, solo contienen este gas las luces de color rojizo-anaranjado. Si bien, este color puede ser modificado gracias a vidrios o a la adición de mercurio u otro gas de los anteriores.

El químico y físico francés Georges Claude a principios del siglo XX, aprovechó este destello para crear un tubo lumínico que no era muy útil para iluminar, pero resultó ser muy atractivo para el campo de la publicidad, y llegó a cambiar la cara de las grandes ciudades. Como esta luz es visible incluso de día, la gente se paraba a observar los carteles de neón y comenzó a llamarlo "fuego líquido", aumentando así su popularidad. Este tipo de lámparas se usan actualmente, no solo en anuncios publicitarios, sino también en arte y balizas de aviación, gracias a su vistosidad.

Por otro lado, el neón líquido es un refrigerante criogénico bastante utilizado, sobre todo en motores de automóviles. Tiene una capacidad de refrigeración, por unidad de volumen, 40 veces superior al helio y más de tres veces la del hidrógeno líquido. En realidad, es más caro que dichas sustancias, pero no requiere unas temperaturas tan bajas para su correcto funcionamiento, por lo que es más efectivo y más económico a largo plazo.

La lista de usos del neón no acaba aquí. El primer láser de gas construido fue, precisamente, el de helio-neón, o láser HeNe (Figura 2), que se basa en una mezcla de ambos gases contenida en un tubo de vidrio, que funciona como medio activo. Este láser emite a una longitud de onda de unos 633nm, es decir, luz visible de color rojo. Al ser tan económicos y de tan sencilla utilización, este tipo de láser es muy utilizado en industrias y laboratorios docentes.

Las colisiones de los átomos de helio excitados con los átomos de neón en el estado fundamental excitan estos últimos y los hace subir de nivel energético. Dicho proceso podría representarse mediante la siguiente reacción:

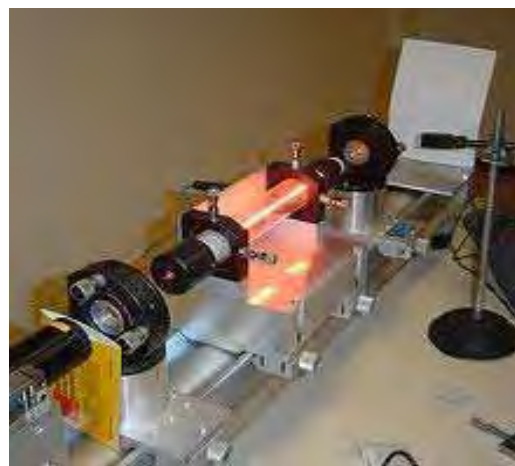


Figura 2. Los láseres HeNe son un instrumento muy útil en holografía y en espectroscopia<sup>2</sup>. De hecho, antes de que se inventasen los diodos láser eran los láseres utilizados en los lectores de códigos de barras, tan comunes hoy día en supermercados.

Respecto al campo de la investigación, este gas noble también parece tener mucho que ofrecer. Por ejemplo, en 1996, permitió a un equipo del Instituto de Materiales de la Universidad de Tohoku, en Japón, realizar el análisis de espectrometría del flúor. Mientras que resultaba increíblemente difícil detectar líneas de emisión de flúor en plasma de otros elementos (incluso en el de argón), las líneas eran claramente diferenciables en plasma de neón. Este avance permitió el estudio en profundidad de la estructura de átomos de flúor.

Como ya hemos visto, el neón es muy utilizado, pero hay un problema. Y es que su concentración en la atmósfera es de solo de 16 a 18 ppm.

Un equipo conjunto de investigadores de la Universidad Autónoma de Madrid y del Laboratorio de Astrofísica de Toulouse ha estudiado las líneas de emisión del neón en una muestra de nebulosas para medir la abundancia de este elemento en el Universo.

En principio, el origen del neón, como el de casi todos los elementos, se supone ligado a la fusión de los elementos más ligeros, que

son el hidrógeno y el helio, que tendría lugar en el interior de las estrellas. Por lo tanto, la abundancia de cada elemento es un indicador relevante de la evolución de una galaxia.

La conclusión a la cual llegaron los investigadores inmersos en el estudio de la muestra de nebulosa es que el neón, sorprendentemente, es el quinto elemento más abundante en masa en todo el Universo. Entonces, ¿por qué es tan escaso en la Tierra? Se cree que es debido a su pequeña masa atómica, que impide que quede retenido en la atmósfera mediante las fuerzas gravitatorias. Aún así, se han encontrado cantidades relativamente elevadas en ciertos diamantes. Algunos físicos defienden la idea de que podrían existir almacenes por descubrir de neón solar aquí, en nuestro planeta. Pero de ser los diamantes los contenedores del gas en cuestión, no merecería la pena explotarlos, a no ser que el mercado económico cambiara drásticamente (cosa poco probable, al menos a corto plazo). A pesar de este dato, el neón que utilizamos se obtiene principalmente de la atmósfera por

subenfriamiento del aire y destilación del líquido criogénico resultante.

El neón es bastante costoso de aislar, pero, sabiendo que no presenta ningún tipo de problema medioambiental, merecería la pena estudiar nuevas aplicaciones de este gas, que, aunque se muestra reticente a reaccionar con otros, por sí solo es capaz de llenar calles y calles de colores.

### Referencias

- <sup>1</sup>. Figura 1-Wikipedia
- <sup>2</sup>. Figura 2- Laboratorio Kastler-Brossel. Universidad de París.
- <sup>1</sup>.<http://www.webelements.com/neon>  
Therold Moeller (1994) "Química inorgánica: Texto superior para uso de los estudiantes de las facultades de ciencias y escuelas de ingeniería" Ed. Reverté S.A. Versión en español de Dr. D. Daniel Beltrán y Dr. D. Aurelio Beltrán.
- <sup>2</sup>.Revista *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volumen 381, Apartado 1, páginas 125-135 (número de octubre de 2007)
- <sup>3</sup>.[www.uam.es/cultura-cientifica](http://www.uam.es/cultura-cientifica)  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267095006230>. "Neon and argon optical emission lines in ionized gaseous nebulae: implications and applications". (*Analytica Chimica Acta*. Volumen 324, Apartados 2-3, 10 de Mayo de 1996, Páginas 147-154)
- <sup>4</sup>.<http://www.mi-lasers.com/hene-lasers>



Artículo realizado por  
Juan Pablo Rodríguez  
Ruiz

## LAS DOS CARAS DEL PLOMO

**El plomo tiene unas características especiales que le confieren muchos usos, pero que también le limitan. Mucha gente desconoce qué funciones tiene el plomo en nuestro día a día o su gran peligro si no lo controlamos.**

**Palabras clave** Plomo, combustible, radiación, tóxico, aislante.

El plomo ha tenido muchos usos a lo largo de la historia: tuberías en la antigua Roma, balas de plomo para las armas de pólvora del siglo XVII, expresiones como "¡Eres un plomo!", juguetes como los soldaditos de

plomo, etc. Pero el plomo también se caracteriza por su alta toxicidad, la cual se descubrió no hace mucho. ¿Por qué tan solo se comercializa la gasolina sin plomo? ¿Qué pasó con la gasolina con plomo?

En los años 20, a la gasolina se le comenzó a añadir compuestos de plomo para satisfacer las necesidades de los recién descubiertos motores de explosión, los cuales necesitaban un mayor octanaje a cambio de un mayor rendimiento. El plomo actúa como antidetonante, consiguiendo someter a la mezcla aire-gasolina a una mayor presión antes de combustionar. Además, surgió el fenómeno de la Recesión del Asiento de las Válvulas de Escape, el cual se podía evitar usando el plomo como lubricante de la parte alta del cilindro (Figura 1).

Debido a los perniciosos efectos del plomo, se tuvo que idear un nuevo combustible con mayor octanaje sin plomo y, además, tuvieron que surgir nuevas piezas que no necesitaran el plomo como lubricante.

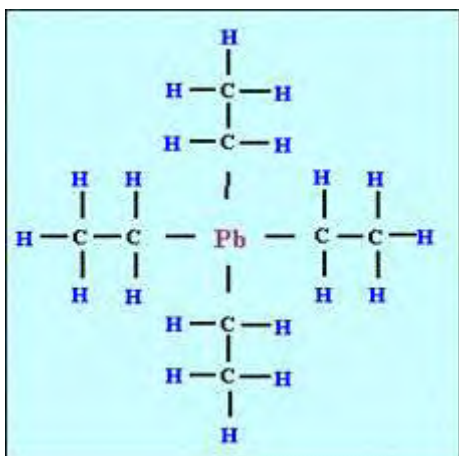


Figura 1. El tetraetilo de plomo se añadía al combustible para producir un efecto antidetonante.<sup>1</sup>

Surgió así la gasolina sin plomo, la cual sustituyó definitivamente a la gasolina con plomo en el año 2000 por normativa europea. Sin embargo, en España el plazo se amplió hasta el año 2001 debido a que muchos vehículos (28,5%) dependían de la gasolina con plomo.

¿En qué se basan los argumentos a favor de la seguridad de las centrales nucleares?

¿Podemos estar seguros de que la radiación no nos afectará?

Desde el descubrimiento de la energía nuclear en los años 40, se ha buscado la manera de controlar estas potentes reacciones. No muchos materiales son capaces de aislar las radiaciones producidas en este tipo de reacciones. Entre ellos se encuentran el acero, el hormigón y el plomo.

El plomo es una gran aislante de radiaciones debido a dos características: su alta densidad (originada por su gran masa atómica y su pequeño radio atómico) y su gran número de electrones.

En toda radiación electromagnética se emiten fotones, los cuales, gracias al efecto fotoeléctrico, arrancan electrones de una superficie. El plomo, debido al alto número de electrones, apenas sufre alteraciones, lo que lo hace un gran aislante. Si esa radiación contactara con la piel, por ejemplo, se liberarían electrones, dañándose el ADN y causando cáncer, por lo cual se necesitan medidas de protección (Figura 2).



Figura 2. El plomo se utiliza en delantales para proteger de radiaciones, como los rayos X, que de otro modo podrían ser peligrosas.<sup>2</sup>

Lo mismo ocurre con las radiaciones  $\alpha$ ,  $\beta$  y gamma, las cuales son absorbidas por el

plomo, exceptuando las radiaciones gamma más energéticas. Esto es especialmente útil en las centrales nucleares, donde las reacciones dan como resultado radiaciones  $\alpha$  y  $\beta$ . Estas radiaciones son absorbidas por revestimientos de plomo, hormigón y acero.

Si es tan buen aislante, ¿por qué se prefiere no usar el plomo en la mayoría de las situaciones? ¿Por qué dejó de usarse el plomo en los combustibles?

El plomo es altamente tóxico, tanto para el medio ambiente como para el cuerpo humano. La presencia de plomo en la naturaleza es normal, pero la actividad humana provoca una mayor concentración de plomo en el medio. Esta actividad puede ser industrial o un derivado de la combustión de combustibles con plomo, razón por la cual se prohibieron.

El exceso de plomo en el medio puede, como el resto de metales pesados, acumularse en las cadenas tróficas, provocando mutaciones y muertes en todos los niveles de la cadena. Por ejemplo, una cantidad de plomo en una flor puede ser consumida por un herbívoro, el cual es consumido por un ser humano.

Algunos efectos producidos por el plomo en el ser humano pueden ser anemia, daños renales, cerebrales y nerviosos, abortos espontáneos, cáncer, infertilidad o cambios en el comportamiento (Figura 3). La madre puede transmitir al feto pequeñas cantidades de plomo vía placenta, las cuales pueden ocasionar grandes problemas en el desarrollo del feto.

Los efectos vienen causados por la actividad del plomo en el organismo, la cual consiste en la competencia con metales esenciales por lugares de inserción, alteración de proteínas por su gran afinidad al grupo sulfhidrilo (-SH) o la alteración del transporte de iones.

Sin embargo, para tener efectos considerables, la acumulación de plomo debe ser bastante grande, para lo cual se ha de estar mucho tiempo en contacto con el plomo.



Figura 3. Alteraciones producidas en el organismo por el plomo.<sup>3</sup>

El plomo se usa mucho menos en la actualidad debido a su alta toxicidad, pero aún quedan países en los que el uso de combustibles con plomo aún está permitido, lo cual carece de fundamento, pues cualquier vehículo puede ser usado con gasolina sin plomo (aunque existen excepciones puntuales). Además, el daño causado por el plomo en el medio ambiente aún se hace patente en algunas zonas del mundo, donde mucha gente muere por los efectos de grandes acumulaciones de plomo. Por todo esto, aún queda mucho tiempo hasta que consigamos obtener solo cualidades positivas del plomo sin obtener a cambio ninguna negativa.

#### Referencias

- <sup>1</sup><http://personal.telefonica.terra.es/web/pacheska/plo/motetraetilo.htm>
- <sup>2</sup><http://www.yulgary.com/detalle.php?id=869>
- <http://consciencia->





Artículo realizado por  
Jesús Porcuna Doncel.

## EL PLATINO (Pt)

**El Platino, que gran nombre. Suena bonito ¿No? Todos conocemos los famosos discos de platino como premio musical, pero, ¿Quién es el Platino? A diferencia de otros elementos como son el carbono, el oxígeno, el nitrógeno o elementos con propiedades radioactivas, el platino es un completo desconocido para la gran parte de la población y no sabemos cuales son los múltiples usos de este elemento, así como la importancia de estos.**

**Palabras clave** *Química, Material, Electrodo, Catálisis, Usos.*

No se puede pasar a enumerar los diferentes puntos de importancia del platino en la química general sin hablar un poco de este elemento. El Platino atómico (Pt) posee 78 protones, se sitúa en el grupo diez en la tabla periódica y se encuentra acompañado a la izquierda por el iridio y a la derecha por el oro. El platino es además un metal de transición, grisáceo, dúctil, maleable y muy resistente a la corrosión.

Desde su descubrimiento en Esmeralda (Ecuador) en el siglo XVII, el platino ha ido tomando cada vez más importancia conforme se iban conociendo las propiedades de este elemento.

En primer lugar, este metal grisáceo posee ciertas características como pueden ser su poca reactividad, su alto punto de fusión o su facilidad para convertirlo en planchas e hilos, que lo convierten en un elemento perfecto para construir materiales de laboratorio, agregándole pequeñas cantidades de otros metales para realizar

aleaciones. Unos de los elementos de laboratorio que más porcentaje de platino poseen y que debido a su importancia cabe destacar son los crisoles de fundición (Figura 1). Estos crisoles de platino poseen una aleación 95% de platino y un 5% de oro y son altamente eficaces para la fundición de otros metales y estudios de gravimetrías cuantitativas.



Figura 1. Crisoles de fundición de Platino. Imagen obtenida de lavallab.com.

Sin embargo, los crisoles no son el único material de laboratorio que está hecho de platino. También podemos encontrar pinzas y espátulas, varillas agitadoras, conos electrodos y cátodos, bandejas, artesas o asas de bacterias. Estas últimas, también llamadas asas de platino, se emplean para trasvasar de forma estéril inóculos (pequeños volúmenes con microorganismos en suspensión) desde la solución madre hasta el medio de cultivo.

Ahora toca hablar de los ya citados electrodos (Figura 2). El electrodo más característico donde se usa el platino es el electrodo de hidrógeno. Se usa el platino en este tipo de celdas electrolíticas y no el grafito o el propio metal en su estado sólido por la sencilla razón de que el  $H_2$  en esta celda electrolítica se encuentra por un lado disuelto y por otro lado gaseoso ( $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ ) y que mejor elemento que nuestro platino para ser el encargado de guardar el  $H_2$  durante su estado gaseoso.

Y es que este elemento posee otras propiedades que lo hacen idóneo para estas celdas electrolíticas diferentes a las ya nombradas, como pueden ser:

- Capacidad para catalizar la reacción de reducción de protones.

- Alto intercambio intrínseco de densidad para la reducción de protones.

- Y excelente reproducción del potencial (igual o menor que  $10 \mu V$  cuando dos electrodos bien contruidos se comparan con otros.)

Pero este electrodo no solo posee platino, sino algo más que lo mejora. Se encuentra recubierto de lo que se conoce como “negro de platino” un polvo del propio metal de este color que mejora sus propiedades catalíticas. Además se aumenta su superficie real para mejorar la cinética del

electrodo. A pesar de ello, otro metal, el paladio, se está imponiendo en la construcción de electrodos por su mejor intercambio intrínseco de densidad.



Figura 2. Electrodos de Platino. Imagen obtenida de: miniscience.com

A parte de los usos ya citados, el platino tiene una gran importancia en química general como catalizador. Humphry Davy fue el que descubrió los usos del platino en la catálisis e hizo estudios sobre cómo este catalizador mejoraba la velocidad finita de una reacción química. El principal uso del platino como catalizador es la catálisis del petróleo, y hay que señalar que este es el uso del platino que más beneficios económicos genera. Por su elevado precio, el catalizador de platino solo posee la cubierta de platino, gran parte del interior lo forma una cerámica. Con este catalizador lo que se realiza un proceso conocido como “Reformación de gasolinas” en coches, camiones y vehículos de tracción. Lo que este proceso consigue es aumentar el rendimiento de las gasolinas e incrementar el octano, mejorando la velocidad de producción en un 25-30%, llegando así el platino a ser imprescindible para las grandes compañías petroleras. Y si fuera poco, se consigue reducir los niveles de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno según la legislación vigente, algo muy importante con la creciente “mentalidad verde” de la actualidad. Además, volviendo a la propiedad de su facilidad para ser maleable, se consigue crear catalizadores con gran

superficie y poco peso (como el de la Figura 2).

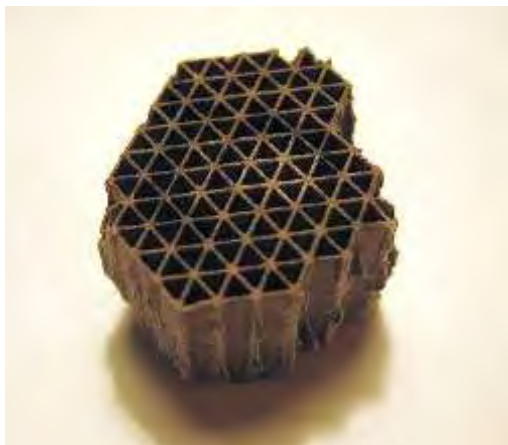


Figura 3. Catalizador de Platino obtenido de un motor.

Imagen obtenida de Cientificosaficionados.com

Al margen de la catálisis de gasolinas, el platino participa en otros procesos catalíticos como la producción de ácido nítrico, para hacer explosivos, fertilizantes... y en la producción de mejores siliconas y barnices.

Pero el platino no es un elemento solo reservado a aquella parte de la población relacionada con los laboratorios, la química o la catálisis, sino que es un elemento que abarca otros sectores o inclusive está más cerca de lo que podemos imaginar.

El platino se usa dentro de nuestros ordenadores y portátiles, forma una parte importante de los discos duros (Figura 4) por su buena relación tamaño-capacidad para guardar información. Tal es su eficiencia que en 1997 solo lo usaban el 50% de los discos duros y actualmente lo incorporan todos.

Continuando con el ámbito de la electrónica, el platino en aleación con el rodio también se usa para crear los displays LCD, así como también es muy usado para la construcción del último grito en los cables y la comunicación: la fibra óptica.



Figura 4. Disco duro de Platino. Imagen obtenida de: megaricos.com

Este multifuncional elemento también se está usando en medicina como inhibidor de reacciones enzimáticas, impidiendo la división de células vivas. Se suministra en el medicamento llamado Cisplatín para luchar contra procesos tumorales, y en concreto podemos destacar el Satraplatín, para luchar contra el cáncer de próstata.

Otro de los usos más importantes del platino y que tiene una gran repercusión económica es su uso en el ámbito de la joyería. Lo que mucha gente ve en esas bonitas joyas plateadas no es plata ni baño de plata, sino aleaciones de platino. El 85% de las joyas poseen platino, por su buen brillo y durabilidad. Aunque comenzó siendo un material de joyería masculina porque su alta densidad lo hacía molesto, hoy en día invade todo el muestrario de cualquier joyería.

En definitiva, se puede decir que nuestro, ahora sí, conocido platino es una pieza muy importante en la sociedad actualidad, que está más cerca de nosotros de lo que creemos y que ya no será tan raro ver tiendas de “Compro oro, plata y platino”.

#### Referencias

- <sup>1</sup><http://en.wikipedia.org/wiki/Platinum>
- <sup>2</sup>[lavallab.com/es/preparacion-muestras/crisoles-platino.htm](http://lavallab.com/es/preparacion-muestras/crisoles-platino.htm)
- <sup>3</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Inoculation\\_loop](http://en.wikipedia.org/wiki/Inoculation_loop)
- <sup>4</sup>[arqhys.com/arquitectura/platino-propiedades.html](http://arqhys.com/arquitectura/platino-propiedades.html)
- <sup>5</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/Standard\\_hydrogen\\_electrode](http://en.wikipedia.org/wiki/Standard_hydrogen_electrode)
- <sup>6</sup>[franciscoruiz.blogia.com/2007/122703-la-catalisis-](http://franciscoruiz.blogia.com/2007/122703-la-catalisis-)



Artículo realizado por  
 Alejandro Belmonte  
 Fernández

## EL NÍQUEL. PROCESO DE NIQUELADO ELECTROLÍTICO: SUS VENTAJAS Y APLICACIONES

**El níquel ha sido un elemento ampliamente utilizado a lo largo de la Historia y aún hoy, en nuestros días. Entre todos sus usos, el niquelado electrolítico destaca por su importancia y notables resultados: mediante una sencilla reacción redox inducida se consiguen objetos con propiedades mejoradas, más resistentes y vistosos.**

**Palabras clave** *Níquel, electrólisis, galvanizado o electrodeposición, cuba electrolítica*

El níquel (símbolo Ni) es un elemento químico perteneciente a la serie química de los metales de transición, en el bloque d de la tabla periódica. Más concretamente, lo podemos localizar en el grupo 10, periodo 4, con un número atómico igual a 28. Entre sus propiedades físicas podríamos destacar su ductilidad, sus altos puntos de fusión y ebullición, su elevada densidad, su gran capacidad para conducir la electricidad o su carácter ferromagnético. Este metal es sólido a temperatura ambiente y presenta un color plateado, como puede apreciarse en la imagen:



Figura 1. Podemos observar un fragmento de níquel sólido de característico color y brillo.<sup>1</sup>

El níquel ha sido usado en aleaciones desde aproximadamente el siglo IV a.C. No obstante, se confundía con otros metales como el cobre o la plata, por lo que no fue reconocido como un elemento distinto a los anteriores hasta mediados del siglo XVIII, cuando el mineralogista Axel Cronstedt lo descubrió y aisló.

En la actualidad, este elemento se usa de múltiples maneras: en aleaciones junto a hierro formando acero inoxidable de gran calidad, en los electrodos de ciertas pilas, en la fabricación de monedas, como catalizador, en instrumental quirúrgico, en baterías recargables y un largo etcétera. De entre todos sus usos, en el texto que nos ocupa vamos a centrarnos en un importante proceso del cual forma parte esencial este elemento: el niquelado electrolítico.

El niquelado electrolítico, que también puede llamarse de forma más genérica galvanizado, es un proceso por el cual logramos que se deposite una capa de

níquel en la superficie de un metal previamente preparado para ello, valiéndonos de una reacción electrolítica. El objetivo de esta técnica puede ser muy variado, yendo desde la mera decoración de la pieza metálica a la mejora de sus propiedades mecánicas.

Como ya se ha señalado anteriormente, el proceso de niquelado tiene lugar por medio de una reacción electrolítica, la cual pertenece a un conjunto de reacciones denominadas *redox*, o de oxidación-reducción. En este tipo de reacciones se produce la transferencia de electrones desde una especie que los pierde, es decir, que se oxida, a otra que los gana y, por tanto, se reduce. La especie que se oxida es la llamada reductora en la reacción y la que se reduce, oxidante. La electrólisis tiene la característica de ser una reacción no espontánea, no natural: para que se lleve a cabo ha de aplicarse corriente eléctrica.

La electrodeposición de níquel tiene lugar en una celda electrolítica como la que se observa en esta imagen:

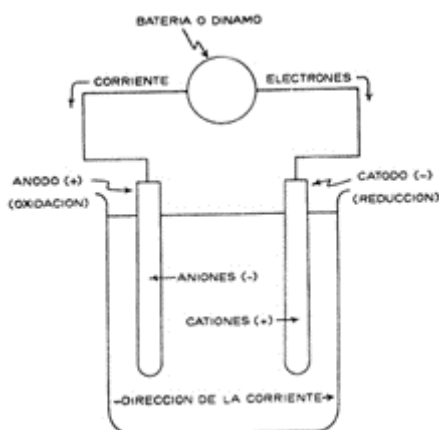


Figura 2. Esquema de una celda electrolítica.<sup>2</sup>

Este dispositivo consta de una cuba o recipiente similar en cuyo interior se encuentra una disolución, denominada electrolito, que contiene distintos tipos de sales de níquel disueltas, además de otros

componentes. En esta solución se introducen dos electrodos conectados entre sí y a una batería o dinamo. Uno de estos electrodos es el ánodo, en el cual se produce la oxidación y suele estar compuesto del mismo metal cuyos iones se encuentran en el electrolito, en este caso níquel. El otro electrodo es el cátodo; en él se produce la reducción y consta del objeto o pieza que se quiere niquelar.

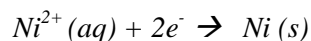


Figura 3. Ejemplos de algunas piezas que presentan una capa de níquel tras ser sometida a su electrodeposición. Podemos ver el brillo y aspecto estilizado que se consiguen con esta técnica.<sup>3</sup>

Cuando aplicamos la corriente eléctrica, los electrones se desplazan desde el ánodo de níquel, cuyos átomos se oxidan según la siguiente reacción:



hasta el objeto situado en el cátodo, consiguiendo con esto que los iones  $Ni^{2+}$  presentes en el electrolito sean atraídos al cátodo, donde se reducen:



y se depositan en la superficie del objeto, formando láminas de apenas micras de espesor, capa sobre capa. A la vez que en el electrolito se reduce la cantidad de iones  $Ni^{2+}$  que presenta, el ánodo de níquel cede a dicha disolución los nuevos iones que se forman al oxidarse los átomos de Ni, perdiendo electrones. Este proceso puede prolongarse hasta que la concentración de iones  $Ni^{2+}$  del electrolito sea muy baja,

momento en el cual da por concluida la electrodeposición. Una vez que ha finalizado y el espesor de la capa de níquel es el adecuado, suele lavarse la pieza durante unos pocos segundos a temperatura ambiente.

Tras el proceso anterior, obtenemos una pieza niquelada que presenta numerosas mejoras con respecto a la original. Estas mejoras pueden observarse sobre todo en los aspectos mecánicos y técnicos: se obtienen piezas con una dureza mucho más pronunciada, aumentan su conductividad eléctrica, se hacen más resistentes a la corrosión, al desgaste y a la abrasión, se reduce la porosidad del objeto tratado... Además, el resultado estético y decorativo es prácticamente inmejorable (figura 3), puesto que aporta un gran brillo a la superficie de la pieza, razón por la cual suele utilizarse esta técnica en bisutería, en la elaboración de ciertos componentes de automóviles, como la carrocería, en grifería, en cerrajería, en herramientas, en material

de saneamiento, así como en piezas electrónicas.

Vemos, pues, que la técnica de niquelado electrolítico sigue siendo hoy en día utilizada en múltiples y variados sectores, sobre todo industriales, ya que permite obtener un resultado más que notable, con piezas mejoradas tanto en sus propiedades mecánicas y técnicas como en su aspecto externo.

### **Referencias**

<sup>1</sup><http://elementos.org.es/niquel>

<sup>2</sup>[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias\\_quimicas\\_y\\_farmaceuticas/ap-fisquim-farm4/c8.1.html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/ap-fisquim-farm4/c8.1.html)

<sup>3</sup>[http://www.niquelmart.com/acabados\\_niquel.html](http://www.niquelmart.com/acabados_niquel.html)  
Atkins, P. - Jones, L. *Principios de Química: Los caminos del descubrimiento*, 2006, Médica Panamericana, Buenos Aires, pp. 464-470.

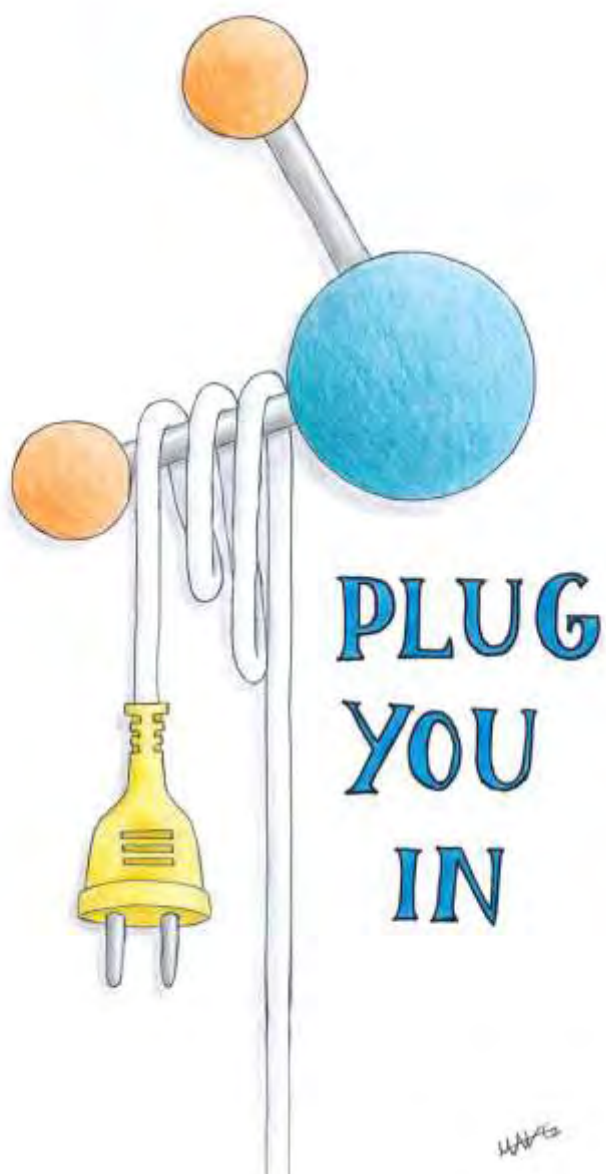
<sup>4</sup>Petrucci, R.H. [et al.]. *Química general*, 2003, Prentice Hall, Madrid, pp. 851-857.

<sup>5</sup>[http://www.niquelmart.com/acabados\\_niquel.html](http://www.niquelmart.com/acabados_niquel.html)

<sup>6</sup><http://dc384.4shared.com/doc/6zedgXli/preview.htm>

<sup>7</sup><http://elementos.org.es/niquel>

# *MOLEQLA ENERGIA*





Artículo realizado por  
Francisco José Molina  
Ruiz

## EL PLUTONIO, FUENTE DE ENERGÍA MÁS ALLÁ DE LA TIERRA: GENERADORES TERMOELÉCTRICOS DE RADIOISÓTOPOS

El Plutonio (Pu) es uno de esos elementos de los que la persona de a pie conoce prácticamente solo su condición radioactiva, sin llegar a recordar siquiera su posición en la tabla periódica. Su nombre se encuentra asociado a grandes catástrofes, aunque no aparece en los titulares de grandes avances científico-técnicos. En realidad, este elemento es fundamental para el funcionamiento de las naves espaciales, unos de los aparatos más prometedores para el avance de la ciencia humana. Descubramos ésta y otras aplicaciones del plutonio.

**Palabras clave:** RTG, plutonio-238, termopares, efecto Seebeck, motor Stirling

Desde su primera síntesis en la década de los 40, de la mano del equipo de Seaborg y Mcmillan, el Plutonio ha sido considerado un elemento de muy alta peligrosidad. Esto se debe a la radioactividad e inestabilidad que presentan los distintos isótopos de este subproducto de la fisión nuclear de Uranio-238, así como a su alta capacidad de inflamación espontánea. Esta mala fama se multiplicó durante la Segunda Guerra Mundial, con la utilización de Plutonio-239 en la “Fat Man” (la famosa segunda bomba atómica que destruyó Nagasaki en agosto de 1945) y su presencia en armas nucleares durante la Guerra Fría. Así, las aplicaciones tradicionales de este elemento son las de combustible nuclear (es de fácil fisión al ser bombardeado con neutrones) y las de componente en armamento nuclear. Pero la

forma de utilizar este polémico elemento podría estar a punto de cambiar para siempre.

Pensemos por un momento en una sonda espacial en plena travesía interplanetaria. En medio de ninguna parte, la pregunta es obligada: ¿De dónde saca su energía, cómo consigue una fuente de alimentación fiable para continuar en funcionamiento un tiempo prolongado? Se podría intuir la presencia de algún tipo de “batería especial” con este propósito. Pues bien, en los últimos tiempos, la respuesta es sencilla: RTG (en español, Generadores Termoeléctricos de Radioisótopos). En esencia, un RTG es un generador eléctrico simple que obtiene su energía a partir del calor liberado por la desintegración de elementos radiactivos alojados en una celda un tiempo prolongado. El funcionamiento de los RTG se basa en los llamados termopares, fiables y muy duraderos pero poco eficientes. Estos termopares son sensores de temperatura capaces entre otras cosas de convertir energía calorífica en eléctrica a partir del llamado efecto Seebeck, fenómeno que describe la emisión de electricidad en un circuito compuesto

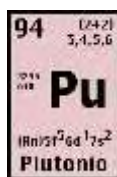


Fig.1 y 2: Las características más importantes del plutonio tal y como aparecen en la tabla periódica (izquierda) y el plutonio-238 (derecha)<sup>1</sup>.



por distintos conductores a diferentes temperaturas. Al conectarlos en serie, esa diferencia térmica causa un flujo de electrones entre ellos y con ello se produce energía eléctrica.

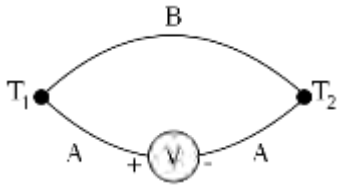


Fig.3: Esquema del efecto Seebeck.<sup>2</sup>

Este adelanto fue desarrollado por la propia NASA con el objetivo de generar energía eléctrica en situaciones en las que la presencia humana es inexistente y se necesitan potencias de varios centenares de vatios durante largos períodos de tiempo. Es decir, en misiones tan alejadas del sol que hacían inviable la utilización de paneles solares. Con este fin se incorporó el RTG a satélites, sondas no tripuladas e instalaciones remotas que no disponen de otro tipo de fuente de energía o calor. El primer RTG aparece en 1961 dentro del dispositivo SNAP 3 (Systems Nuclear Auxiliary Power Program), a bordo de la sonda espacial Navy Transit 4A. Desde entonces han aparecido RTGs en numerosas naves espaciales, aunque no sólo se han usado RTGs en el espacio: la URSS los usó para faros y balizas de navegación (alimentados con estroncio-90) de los que aún hoy persisten unos 1000, pendientes de ser desmantelados.

Para cada RTG se escoge su “combustible radioactivo” más adecuado en función a su período de desintegración, la energía calorífica que puede suministrar y el tipo de radiación que emite (de alta energía y baja penetración, preferentemente radiación alfa). En este contexto es en el que se impuso como combustible más adecuado y usado para RTGs espaciales un

radioisótopo de plutonio, el Plutonio-238. El Plutonio-238 es el combustible radioactivo que necesita menores blindajes y el que tiene mayor periodo de semidesintegración (es decir, mayor periodo de generación de calor). Sólo tres isótopos cumplen un tercer criterio: el de necesitar menos de 25 mm de blindaje de plomo. El mejor en este aspecto, el Plutonio-238, requiere únicamente 2.5 mm de plomo, siendo en ocasiones el mismo material del contenedor suficiente. Este

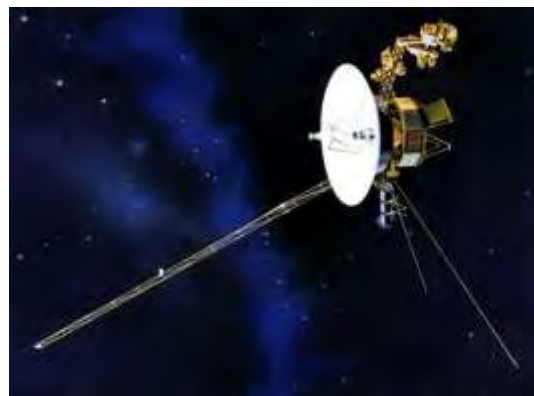


Fig. 4 y 5: De arriba a abajo, las sondas Cassini y Voyager, ambas alimentadas con RTGs.<sup>3</sup>

isótopo del Plutonio, usado en forma de Óxido de Plutonio (IV), tiene un semiperiodo de 87.7 años, una densidad energética razonable y una tasa de emisión

de radiación gamma y neutrónica extremadamente baja. Los Generadores Termoeléctricos de Radioisótopos de Plutonio-238 han alimentado docenas de naves, incluidas las sondas Voyager, la misión Galileo y la sonda Cassini.

Sin embargo, en los últimos tiempos y debido a la baja eficiencia que ofrecen los termopares, se está produciendo la sustitución de los mismos por motores Stirling (que son dinámicos a diferencia de los termopares) que dan lugar a dispositivos de generación de energía más eficientes y ligeros que los RTGs: los ASRG (Advanced Stirling Radioisotope Generator). Este prototipo conlleva aún numerosos inconvenientes (desgaste de las partes móviles del motor o vibraciones) por lo que aún se encuentra en el aire. No obstante, soluciones como el uso de componentes dinámicos magnéticos que no se toquen ni se desgasten podría catapultar los ASRG a las próximas misiones marcianas.

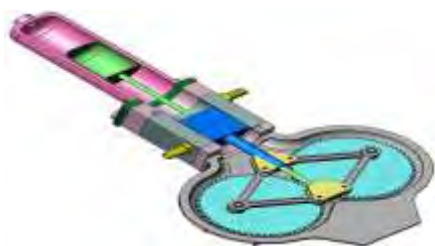


Fig. 6: Representación de un motor Stirling.<sup>4</sup>

Pero como no podía ser de otro modo, acompañando al plutonio aparece el eterno problema de la contaminación radioactiva. Y es que ni las misiones espaciales de la NASA están exentas del riesgo. Para empezar, el Plutonio-238 es 275 más tóxico que el Plutonio-239. Las partículas alfa emitidas por ambos isótopos no llegan a traspasar la piel, pero al ser ingerido puede irradiar órganos internos. Este hecho es especialmente importante en los huesos, ya que el Plutonio tiende a adsorberse sobre

ellos, al igual que en el hígado, donde se concentra. Puede parecer que es un hecho improbable el de ingerir Plutonio, pero hay muchos casos en los que sondas espaciales provistas de RTG han acabado adornando nuestros paisajes abisales. Dada la fuerte seguridad de los contenedores de material radioactivo éste no escapa, aunque llegará un momento en el que estos contenedores se agrietarán liberando el Plutonio a nuestras aguas. Uno de estos accidentes es el de la misión Apollo 13. El RTG a bordo del módulo lunar del Apollo 13 sobrevivió a la reentrada en la atmósfera terrestre, y fue a caer en la Fosa de Tonga, donde permanece hoy en día a una profundidad de entre 6 y 9 kilómetros. Los últimos estudios de las aguas y el aire de la zona parecen indicar que el contenedor sigue intacto, ya que no hay muestras de radiación. Se espera que siga sellado unos 870 años más pero... ¿qué pasará cuando se abra? Entonces, no será tan difícil ingerir el Plutonio accidentalmente y por tanto exponerse a la altísima radioactividad del isótopo.



Fig.7: Representación del RTG usado en la sonda Cassini.<sup>5</sup>

Una vez mencionados el uso terrestre y, sobre todo, espacial de los RTGs cabe destacar otras aplicaciones más anecdóticas de aquellos generadores alimentados con Plutonio. El hecho de no usar la fisión nuclear, por ejemplo (lo que imposibilita fabricar armas nucleares con ellos), no evita la mala utilización de los generadores para construir "bombas sucias" con fines terroristas. Ahora bien, en contraposición también se utilizaron pequeñas "células de Plutonio" (pequeños RTG alimentados con Plutonio-238) para marcapasos. Éstos RTG

pueden ser problemáticos si su portador es disparado en el pecho o si a la muerte del usuario no se retira y se incinera al fallecido (y a la fuente de Plutonio). Sin embargo la contaminación en el exterior es poco probable. En 2004 aun existían unos 90 en uso.

La conclusión general a la que llevan todos estos datos es la de que en los avances científicos, al final, todo tiene un sitio. Al Plutonio, debido a su toxicidad y peligrosidad, no se le concebía en otro lugar que no fueran bombas o las polémicas centrales nucleares, se encontraba “encasillado” en la opinión pública bajo un símbolo de “warning”. Pero ante esta situación, la ciencia fue clara, como solo ella, con su lógica aplastante, puede serlo: lo que es peligroso en la Tierra, entre los seres humanos, no tiene por qué serlo en ambientes sin presencia de vida, y en ese sentido al Plutonio le espera ahora una larga trayectoria de aplicaciones innovadoras en el campo aeroespacial. Se trata simplemente de aprovechar el potencial de tamaña fuente de energía, que se encuentra en su segunda juventud. Aunque siempre y cuando no olvidemos que, por muy bien que funcione

o por muy alto que sea su rendimiento, cuando manejamos elementos radioactivos jugamos con fuego.

### Referencias

<sup>1</sup> Sitio web: [www.periodistadigital.com](http://www.periodistadigital.com).

<sup>2</sup> Sitio web: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

<sup>3</sup> Sitio web: [astronavegador.com](http://astronavegador.com) y [planetacurioso.com](http://planetacurioso.com)

<sup>4</sup> Sitio web: [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)

<sup>5</sup> Sitio web: [aviacionargentina.net](http://aviacionargentina.net)

<http://ingeniatic.net/index.php/tecnologias/item/466-generador-termoel%C3%A9ctrico-de-radiois%C3%B3topos>

<http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/466-generador-termoel%C3%A9ctrico-de-radiois%C3%B3topos?page=2>

<http://autosavionesymas.wordpress.com/tag/generadores-termoelectricos-de-radioisotopos/>

<http://almadeherrero.blogspot.com.es/2008/01/generadores-termoelectricos-de.html>

<http://www.rebellion.org/noticia.php?id=153915>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Generador\\_termoel%C3%A9ctrico\\_de\\_radiois%C3%B3topos](http://es.wikipedia.org/wiki/Generador_termoel%C3%A9ctrico_de_radiois%C3%B3topos)



Artículo realizado por  
Laura Claret Fernández

## ¿CÓMO DE CERCA ESTAMOS DE PODER CONDUCIR UN COCHE CAPAZ DE LEVITAR?

En este artículo se pretende relacionar el asombroso y apasionante fenómeno de la superconductividad con algo tan aparentemente banal como la existencia de coches capaces de levitar. Para ello, se menciona el itrio, un material que fue empleado para generar superconductores y que supuso un gran avance en las investigaciones de éstos.

**Palabras clave** Superconductores, itrio, futurista, temperatura crítica, levitación.

Cuántas veces no habremos soñado la mayoría de los seres humanos con la tecnología del futuro. Esto se ve claramente

reflejado en los cientos de películas futuristas acerca de viajes en el tiempo y coches que levitan (figura 1), hologramas,

comida en cápsulas... Toda suerte de artilugios que sería muy largo enumerar. Confío en que el lector ha sido capaz de conformarse su propia lista. Sin embargo, ¿sabemos cómo de cerca nos encontramos de conseguir todas estas maravillas? Tal vez sí.



Figura 1. Prototipo de coche capaz de levitar<sup>1</sup>.

Aquí es donde entra el asombroso fenómeno de la superconductividad, aunque probablemente aún no sean capaces de apreciar los lazos entre el futurismo y éste. Iremos desentrañándolos a lo largo del artículo. De momento, la pregunta es obligada: ¿Qué es la superconductividad? La superconductividad es un fenómeno que se da en algunos materiales a baja temperatura, y que consiste básicamente en la ausencia casi total de resistencia por parte de esos materiales con respecto al flujo de electrones. Éstos van zigzagueando alrededor de los cristales del átomo, y no chocan entre sí, por lo que resultan mucho más eficientes que los conductores normales.

Las posibles aplicaciones de los superconductores son muchas y muy variadas. Para empezar, supondrían un ahorro energético impresionante, ya que nos hallaríamos ante un tipo de conductores que prácticamente transportarían el cien por cien de la energía al no poseer pérdida de energía en forma de calor. Por este mismo

motivo, serían un gran avance en lo que a electrónica se refiere, ya que no sería necesaria la refrigeración de equipos de ninguna clase. También son útiles a la hora de crear aparatos semejantes en funcionamiento a los transistores, pero con una capacidad de conmutar cien veces mayor.

Y la cuarta y última aplicación importante, la que estábamos todos esperando: la que nos permitirá conducir coches capaces de levitar. Permítanme que me explique. Los materiales superconductores generan unos campos magnéticos muy intensos en compañía de imanes superconductores, lo cual produce la levitación de dicho imán (figura 2). Estos imanes están siendo ya utilizados en la actualidad para generar potentes campos magnéticos que se emplean en colisionadores de partículas de alta velocidad. Volviendo al cauce de la levitación, esto, además de satisfacer nuestro más ardiente y futurista deseo, también supondría un ahorro energético, ya que representaría la posible desaparición del uso continuado de combustibles fósiles, así como la mejora del rendimiento energético del coche al no poseer rozamiento con el suelo ni recalentamiento de su motor. Por supuesto, esto sólo sería posible si todas las carreteras tuvieran una capa de cerámica superconductora, y todos los coches imanes lo suficientemente potentes como para mantener en levitación a un coche con su correspondiente peso. Pero todo se andará.

El gran problema reside en conseguir materiales que reúnan estas asombrosas cualidades, y en conseguirlos a temperatura ambiente. Los primeros materiales superconductores se descubrieron a principios del siglo XX (helio líquido), y con ellos, las dificultades para obtenerlos. Al principio, sólo podían observarse fenómenos superconductores a

temperaturas próximas al cero absoluto, utilizando para ello helio líquido (considerablemente difícil de obtener), por lo que los científicos se embarcaron en la empresa de obtener nuevos materiales capaces de presentar superconductividad a temperaturas cada vez mayores.

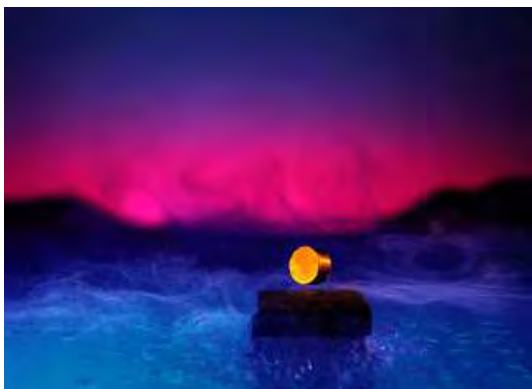


Figura 2. Aquí puede observarse al imán levitando sobre la cerámica superconductora, que está siendo refrigerada con nitrógeno líquido<sup>2</sup>.

Percatándose de que no avanzarían a menos que descubrieran nuevos materiales con una temperatura crítica más alta (temperatura a la que se observa superconductividad), comenzaron a formar aleaciones de materiales con el fin de alcanzar nuevas cotas de éxito. El proceso fue lento y frustrante, y no fue hasta finales del siglo pasado cuando comenzaron a hacerse avances importantes. Científicos en Zúrich fueron capaces de elevar la temperatura crítica hasta 30K (una temperatura aún muy baja) mediante nuevas aleaciones de materiales, que no eran metálicos sino cerámicos.

Estos materiales cerámicos eran aleaciones de óxido de cobre con bario o estroncio y alguna de las conocidas como tierras raras, entre las que se encuentra el itrio (figura 3). Este paso fue fundamental, y el itrio se continuó usando como material para estas aleaciones, hasta que unos investigadores

de la Universidad de Houston alcanzaron con él una temperatura crítica de 98K.

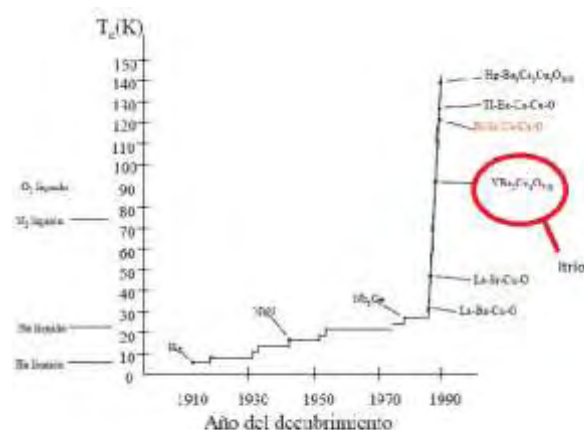


Figura 3. Aquí puede observarse la evolución de las temperaturas críticas de los distintos tipos de superconductores que se han ido descubriendo. En rojo, el compuesto de itrio, que revolucionó las temperaturas críticas<sup>3</sup>

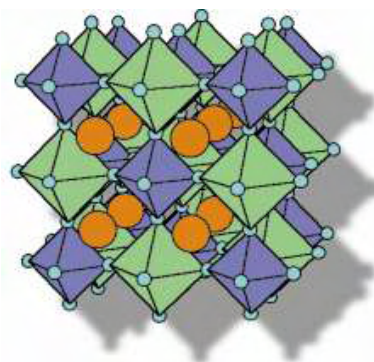


Figura 4. Estructura de Perovskita. Pueden apreciarse las formas romboides que forman los átomos, y los huecos entre ellos para el paso del flujo de electrones<sup>4</sup>.

Esto representaba un avance enorme, puesto que ya no era necesario emplear como refrigerante algo tan difícil de conseguir como el helio líquido, sino que se podía emplear nitrógeno líquido, mucho más fácil y barato de fabricar. Finalmente, otros materiales sustituyeron al itrio por ser más eficaces, y en 1993, en París, se consiguió alcanzar una temperatura crítica de 250K, todo un logro. Sin embargo, la comunidad científica sueña con superconductores a

temperatura ambiente, que no necesiten refrigerarse. Los superconductores tienen una estructura molecular de tipo perovskita (figura 4, en la siguiente página).

Así pues, ¿a qué esperan? ¿No deberían estar todos corriendo hacia el laboratorio más próximo para alcanzar, por fin, una aleación que permita la existencia de superconductores a temperatura ambiente? ¿Es que acaso no están deseando de conducir su propio coche con levitación a dos alturas incorporada? Bien, pues no sé ustedes, pero yo sí lo estoy deseando. Así

pues, si me dispensan, me voy. ¡Buena suerte con sus investigaciones!

### **Referencias**

<sup>1</sup>. *Obtenido del foro 'foro de tc'.*

<sup>2</sup>. *Obtenido del blog nanoudla, superconductividad en cerámicas.*

<sup>3</sup>. *Obtenido de la página <http://jmirez.wordpress.com>*

<sup>4</sup>. *Obtenido del blog de José Luis de Castro (profeblog.)*

# *MOLEQLA SANITARIA*





Cristina Medina  
Menéndez

## EL BARIO, ESE GRAN DESCONOCIDO

**Elemento químico de la tabla periódica, muy utilizado en problemas de estequiometría y en formulación, pero del que poco sabemos. Tiene aplicaciones interesantes y sobre todo hace falta conocerlo para saber los peligros que conlleva, que no son pocos.**

**Palabras clave** *Bario, obtención, técnica médica: enema, toxicidad, fuego artificiales.*

Bario, ese elemento el cual todos sabemos donde se encuentra pero del que poco se habla, ya que vive por debajo de la sombra de los famosos: oxígeno, hidrógeno, carbono, azufre, calcio, nitrógeno, etc. Sin embargo este alcalinotérreo, participa en procesos o forma parte de productos realmente importantes.

El bario es extraído mayormente del sulfato de bario ( $\text{BaSO}_4$ ), este es conocido como barita o espato pesado, que es un mineral no metálico, descartando entre sus características el ser inerte, no tóxico y con alto peso específico. El uso principal de este mineral es en la industria petrolera. Este elemento en polvo fino se utiliza como aditivo en los fluidos de perforación del petróleo, ya que al ser mezclado no produce chispas y esto evita el riesgo de explosión por las fricciones o bolsas de gas en estas explotaciones, además facilita la evacuación del petróleo y su deposición en la superficie.

La aplicación más relevante en la que se utiliza este elemento, es en una técnica médica conocida como el enema de bario. Al ser este elemento un polvo metálico blanco y seco tiene una consistencia

parecida al yeso, y junto con agua forma líquido de bario.



Figura 1. Puede observarse el intestino por el cual discurre el bario para llevar a cabo la técnica médica. Imagen obtenida del Baltimore Washington medical.

El bario es una sustancia que absorbe los rayos X debido a sus características y propiedades, por lo que cuando se introduce a través del recto, recubre el intestino grueso, para observar (gracias al color blanco de esta sustancia) el tamaño, la forma, el contorno y la permeabilidad del colon en la radiografía. Es una técnica que refleja diferencias y características del intestino que no se verían en una radiografía estándar. Es posible detectar tumores, inflamación, divertículos (bolsas), pólipos y obstrucciones entre otros.



Por otro lado, podemos destacar la característica tóxica de este metal, que en parte hace limitado su uso. Es utilizado para fabricar venenos para ratas, aunque también afecta a la especie humana, y es tan peligroso como el plomo, el arsénico o el mercurio, pero como ya he dicho no tiene ninguna importancia mediática. Cada vez se encuentra presente en mayor cantidad en plantas y en el agua, de igual forma se acumula en nuestros órganos, ya que lo respiramos y lo comemos. Muchos vertederos de residuos peligrosos contienen ciertas cantidades de bario afectan a quienes viven cerca de ellos y están expuestos a respirar polvo, por contacto con la piel, por comer tierra o plantas, o beber agua que está contaminada con bario. Puede llegar a causar dificultades respiratorias, alteraciones en el ritmo cardiaco, debilidad muscular, daño cerebral, en el hígado, riñones y corazón, etc.

Podemos hablar también de los impactos ambientales de este elemento, ya que es el causante, entre otros, de la deforestación y la eliminación total de la capa vegetal para extraer barita, e implica la destrucción de montañas y parajes, además de destruir micro climas y hábitats, como puede ser el hábitat acuático. Hay que informar sobre el peligro de metales como es el caso del bario, porque aun siendo un “anónimo” puede crear verdaderos estragos, aunque en un periodo mucho más largo que otros.

No todo tienen porque ser noticias negativas, este elemento también es utilizado, por ejemplo en la pirotécnica algo que nos divierte y fascina. Es realmente extraordinario como una simple sustancia (compuesta por oxidantes, reductores, estabilizantes y agentes colorantes, que dan lugar a reacciones de redox en estado

gaseoso) es capaz de subir y hacer figuras llenas de todo tipo de colores durante unos segundos. El bario, formando parte del cloruro de bario, participa dando el color verde a estos fuegos artificiales.



Figura 2. Fuegos artificiales, coloreados de verde gracias al bario. Imagen de una festividad.

Estas tres aplicaciones (médica, como veneno y en pirotecnia) serían las más importantes de este elemento, sin embargo, se utiliza para otros fines como pueden ser la eliminación de trazas de gases en tubos de vacío y televisión, en la fabricación de pinturas, gomas papeles, etc. Por último, cabe añadir que hay muchos elementos en la tabla periódica los cuales tienen gran importancia y gran participación en diversos campos (como es el caso del bario) y que por desgracia son aún grandes incógnitas y grandes desconocidos. La mayor investigación de estos podría ocasionarnos muchos beneficios y podría prevenirnos de males los cuales desconocemos. Pensamos que ya no es posible conocer más, que esta todo estudiado e investigado, sin embargo, quedan muchas cosas por ver y descubrir, que nos pueden sorprender tanto en aspectos positivos como negativos. Aquí es donde cabe destacar a la biotecnología como campo encargado de estos fines.

## Referencias

<http://carefirst.staywellsolutionsonline.com/Spanish/TestsProcedures/92,P09211>

<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/ba.htm>

<http://www.prodexa.com.mx/barita.htm>

[http://www.ecoportat.net/Temas\\_Especiales/Mineria/que\\_es\\_la\\_barita\\_la\\_explotacion\\_de\\_la\\_canadiense\\_blackfire\\_en\\_chiapas](http://www.ecoportat.net/Temas_Especiales/Mineria/que_es_la_barita_la_explotacion_de_la_canadiense_blackfire_en_chiapas)



Artículo realizado por  
José Martín Gómez

## EL FLÚOR, UN ELEMENTO ELEMENTAL

**Caracterizado por su alta electronegatividad y por ser el más pequeño de los halógenos, el flúor destaca además por ser el elemento más reactivo de la naturaleza. Estas propiedades lo hacen adecuado para la producción de numerosos compuestos útiles para nuestra vida cotidiana.**

**Palabras clave** Flúor, fluorocarbonados, HFC, desmineralización, fármacos.

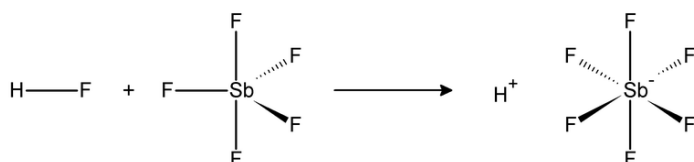
El flúor, elemento de número atómico 9, pertenece al grupo de los halógenos, y como tal, presenta propiedades especiales dentro de la tabla periódica. Se trata del elemento más electronegativo y oxidante, llegando a formar compuestos incluso con gases nobles como el kriptón o el xenón. Esto se debe a su configuración  $2s^2p^5$  (sólo requiere un electrón para completar su último nivel electrónico), su elevada carga nuclear efectiva y su pequeño radio.

El flúor diatómico,  $F_2$ , es un gas amarillo pálido, y en contacto con la piel causa graves quemaduras. Esta capacidad corrosiva se debe especialmente a la debilidad del enlace entre ambos átomos.

Figura 1. Formación del ácido fluoroantimónico a partir de fluoruro de hidrógeno y pentafluoruro de antimonio. El  $SbF_6^-$  es una base muy débil, por lo que el protón permanece completamente disociado<sup>1</sup>.

Similares propiedades posee el ácido fluorhídrico, HF, que a pesar de ser relativamente débil, es uno de los ácidos más corrosivos, capaz de atacar al vidrio desplazando al oxígeno de la sílice ( $SiO_2$ ). Asimismo, el ácido fluoroantimónico,  $HSbF_6$  (Fig. 1), es el ácido más corrosivo conocido,  $2 \times 10^{19}$  veces más fuerte que el ácido sulfúrico.

En cuanto a sus principales compuestos útiles, el flúor destaca en combinación con el carbono, formando los denominados fluorocarbonados. Estas sustancias poseen



propiedades especiales gracias a las características del enlace flúor – carbono.

La diferencia de electronegatividad entre ambos elementos da lugar a un elevado momento dipolar que estabiliza y acorta el enlace, haciendo que sea el más fuerte de toda la química orgánica. Gracias a ello, posee una gran estabilidad química y térmica, haciendo prácticamente inertes a los compuestos en los que está presente.

Por otra parte, el flúor posee la polarizabilidad más baja de todos los átomos, por lo que la distribución de sus cargas está muy equilibrada y por tanto sus compuestos presentan fuerzas de dispersión muy débiles. Esto reduce el punto de ebullición de las moléculas fluoradas y les proporciona una alta hidrofobicidad.

Entre los compuestos fluorocarbonados más usados en la actualidad destaca el PTFE (politetrafluoroetileno), más conocido como teflón (Fig. 2). Este polímero, formado por subunidades de tetrafluoroetileno, fue inventado accidentalmente por Roy Plunkett en 1938, durante su búsqueda del TFE, usado como refrigerante.

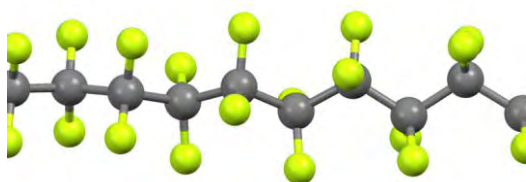


Figura 2. Estructura tridimensional del PTFE<sup>2</sup>.

La característica más destacable del teflón, su gran antiadherencia, responde a las propiedades químicas de los fluorocarbonados. Es usado en recubrimiento de utensilios de cocina como sartenes, así como en lubricantes para maquinaria, alfombrillas para ratones de ordenador, e incluso pinturas que impidan a los insectos subir por las paredes. Además, su baja reactividad lo hace indicado para

recipientes e instrumentos de laboratorio en contacto con sustancias muy corrosivas como los ácidos fluorhídrico y fluoroantimónico.

Desafortunadamente, no son pocas las críticas que se han hecho a este compuesto por el peligro que presenta hacia la salud. A pesar de su estabilidad, el teflón comienza a degradarse a cierta temperatura (200 °C), liberando gases fluorocarbonados que pueden resultar peligrosos. Más preocupante aún resulta el uso de PFOA (ácido perfluorooctanoico) en el proceso de producción del PTFE. Este compuesto está ligado al cáncer y otras enfermedades, y además puede ser liberado durante la pirólisis del teflón, proceso común en los utensilios de cocina hechos de este material.

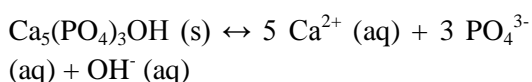
Otro de los males que se suelen achacar a los fluorocarbonados está en relación con los gases CFC (clorofluorocarbonados). Éstos han sido usados años atrás como refrigerantes y componentes de aerosoles, y resultan muy destructivos con la capa de ozono. Algunos ejemplos son el triclorofluorometano y el diclorofluorometano.

Sin embargo, la reacción responsable de la desintegración del ozono no es producida por el flúor, sino por el cloro. La principal alternativa a los CFC viene también de la mano del flúor, con los compuestos HFC (hidrofluorocarbonados). Su contenido en hidrógeno los hace muy susceptibles a reaccionar con los radicales OH de otras sustancias, permitiendo que sus moléculas tengan un tiempo de vida media menor en la atmósfera.

A pesar de ello, son cada vez más los científicos que señalan a los HFC como potentes gases de efecto invernadero, si bien son menos perjudiciales que los CFC en este sentido por su menor tiempo de

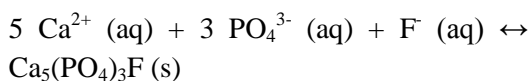
vida. La razón de su comportamiento como gas de invernadero es la alta capacidad del enlace flúor-carbono de absorber distintos tipos de radiación, especialmente de tipo infrarrojo.

Por otro lado, en forma de ión fluoruro,  $F^-$ , el flúor es imprescindible para muchos seres vivos. En los mamíferos es necesario para mantener fuertes huesos y dientes. El fluoruro de los dentífricos es usado para la remineralización del esmalte dental, formado por hidroxiapatita, mineral muy poco soluble. La hidroxiapatita establece el siguiente equilibrio de solubilidad:

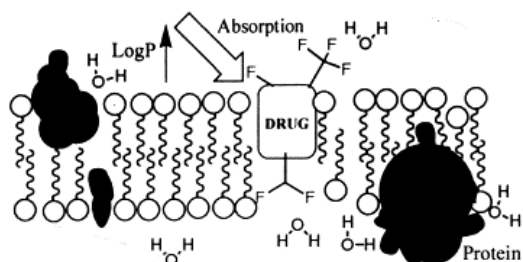


Tras las comidas, la producción de ácidos orgánicos por parte de las bacterias disminuye el pH de la boca, y al eliminarse iones  $OH^-$  del equilibrio anterior, éste se desplaza hacia la derecha aumentando la desmineralización.

El proceso puede evitarse gracias a los iones  $F^-$ , los cuales sustituyen parcialmente a los  $OH^-$  generando fluorapatita:



Otra aplicación útil del flúor en medicina consiste en su adición a moléculas orgánicas, lo cual permite aumentar su lipofilia gracias a la alta hidrofobicidad del enlace flúor – carbono, mayor incluso que la de los compuestos hidrocarbonados. Esto ayuda a aumentar la penetración de medicamentos a través de las membranas



lipídicas de las células (Fig. 3), mientras que su pequeño radio atómico facilita su acoplamiento a los receptores de fármacos. Todo ello contribuye a aumentar la efectividad de los mismos.

Figura 3. Modelo de absorción de medicamentos fluorados a través de la membrana lipídica<sup>3</sup>.

Pero las ventajas del flúor no se quedan ahí: en los últimos años ha surgido una nueva y revolucionaria aplicación en medicina. Algunos compuestos fluorocarbonados en estado líquido podrían ser usados como sustitutos de la hemoglobina de la sangre, dada su gran capacidad para transportar gases en disolución, como el  $O_2$  o el  $CO_2$ . Esto podría ser una de gran utilidad para producir sangre artificial, dada la gran demanda de transfusiones sanguíneas y el bajo número de donaciones. El principal obstáculo a resolver es la poca solubilidad en agua de estos compuestos.

En definitiva, ya sea en nuestras sartenes, en nuestra pasta dental o incluso en nuestra sangre, el flúor está mucho más presente en nuestras vidas de lo que podríamos haber imaginado.

#### Referencias

- [1.http://en.wikipedia.org/wiki/File:Reaction\\_of\\_HF\\_with\\_SbF5.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Reaction_of_HF_with_SbF5.png)
- [2.http://en.wikipedia.org/wiki/File:Perfluorodecyl-chain-from-xtal-Mercury-3D-balls.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Perfluorodecyl-chain-from-xtal-Mercury-3D-balls.png)
- [3.http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022113902002014](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022113902002014)
- Swinson, Joel (2005). "Fluorine – A Vital Element in the Medicine Chest". *Pharmaceutical Chemistry*.
- [5. http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorine](http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorine)
- John Emsley Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements, Oxford University Press, 2nd Edition, 2011.*
- [7. http://www.innovateus.net/content/teflon](http://www.innovateus.net/content/teflon)
- [8. http://en.wikipedia.org/wiki/Teflon](http://en.wikipedia.org/wiki/Teflon)
- [9. http://en.wikipedia.org/wiki/Organofluorine](http://en.wikipedia.org/wiki/Organofluorine)
- Kozlov, Sergey N.; Orkin, Vladimi L.; Kurylo, Michael J.: *An investigation of the reactivity of OH with fluoroethane.*

11. A. M. Schmoltnier; R. K. Talukdar; R. F. Warren; A. Mellouki; L. Goldfarb; T. Gierczac; S. A. McKeen; A. R. Ravishankara: Rate coefficients for reactions of several

hydrofluorocarbons with OH and O(<sup>1</sup>D) and their atmospheric lifetimes.

12. Fyaz M.D. Ismail: Important fluorinated drugs in experimental and clinical use.



Artículo realizado por Gabriel Ruiz Romero

## EL MAGNESIO Y SUS APLICACIONES

**Todos conocemos este elemento químico, pero ¿sabemos realmente para qué se utiliza? ¿Cuáles son sus aplicaciones? ¿Por qué es tan importante?**

El magnesio (Mg) es un elemento muy abundante en la naturaleza: forma prácticamente el 2% de la corteza terrestre y es el tercero más abundante disuelto en el agua de mar.

El Mg es uno de los minerales que necesita el organismo, aunque en pequeñas dosis (es un oligoelemento), para mantener su equilibrio natural. La dosis diaria recomendada es de 420 mg, cantidad que puede obtenerse fácilmente, ya que el magnesio se encuentra en la mayoría de los alimentos (Fig. 1). Principalmente en los frutos secos, los cereales, las legumbres, los germinados (la clorofila contiene magnesio) y el cacao.



Figura 1. Alimentos que contienen magnesio.<sup>1</sup>

La mayor parte del magnesio se encuentra en los huesos y en los dientes, donde cumple el importantísimo papel de fijar el calcio y el fósforo. Al movilizar el calcio, previene también los cálculos renales.

Los iones magnesio desempeñan papeles importantes en la actividad de las coenzimas y el procesamiento del ATP, la “moneda energética”. El ión Mg<sup>2+</sup> tiene un papel estructural, ya que estabiliza las cadenas de ADN y ARN.

El magnesio es favorable para quien padezca hipertensión. Actúa controlando la flora intestinal y nos protege de enfermedades cardiovasculares. Es también un laxante suave y antiácido y previene los partos prematuros manteniendo al útero relajado. Interviene en el equilibrio hormonal, y autorregula la composición y propiedades internas (homeostasis).<sup>2</sup>

El magnesio es, asimismo, un tranquilizante natural que mantiene el equilibrio

energético en las neuronas, y actúa sobre la transmisión nerviosa manteniendo el sistema nervioso en perfecto estado. Interviene, entre otras cosas, en la liberación de neurotransmisores y neuromoduladores, y en la repolarización de las células nerviosas. Por ello, es ampliamente recomendado para los tratamientos antiestrés y antidepresión, favoreciendo el sueño y la relajación.

La deficiencia de magnesio es el resultado de una alimentación pobre, de diarreas prolongadas, diabetes, mala absorción intestinal o alcoholismo. Las embarazadas y las personas que realizan esfuerzos físicos están especialmente expuestas a sufrir carencias de este mineral. A mayor estrés, mayor es la pérdida de magnesio en el organismo.

Los síntomas carenciales del magnesio son la falta de memoria y las dificultades en la retención, sensación constante de fatiga, parpadeo en el ojo, o problemas en el músculo cardíaco (la falta de magnesio contrae las arterias y dificulta la circulación sanguínea). El magnesio también contribuye a la formación del colágeno, por lo que su ausencia provoca dolencias como la artrosis o la osteoporosis (deterioro del sistema óseo).<sup>3</sup>

Queda claro que el magnesio es vital para el buen funcionamiento del organismo. Sin embargo, también tiene otras muchas aplicaciones.

El magnesio forma compuestos bivalentes que poseen diversas utilidades. Por ejemplo, el carbonato de magnesio se utiliza como refractario y aislante; mientras que el cloruro de magnesio se usa para el relleno de los tejidos de algodón o en la fabricación de papel, cementos y cerámicas. Las aleaciones de magnesio se emplean en componentes de automóviles (Fig. 2). Otros compuestos como el hidróxido, el sulfato y

el citrato de magnesio se emplean en medicina.



Figura 2. Llantas de aleación de magnesio.<sup>4</sup>

El metal sin alear se utiliza en flashes fotográficos, bombas incendiarias, señales luminosas, como desoxidante en la fundición de metales y afinador de vacío. Debido a la luz blanca que se produce en su combustión, el magnesio puro se utiliza en la fabricación de pólvora para fuegos artificiales.<sup>5</sup>

Cabe destacar la utilización del Mg en datación radiométrica, es decir, en calcular la edad absoluta de rocas, minerales y restos orgánicos. Para ello se utilizan isótopos radiactivos. En este caso, el isótopo del magnesio utilizado en datación radiométrica es el magnesio-26 (hijo del Al-26).

En las inclusiones ricas en calcio y aluminio de algunos meteoritos se han encontrado cantidades de Mg-26 mayores a las esperadas, que se atribuyen al decaimiento del Al-26. Estos objetos no han sufrido procesos geológicos tras su desprendimiento en la formación de planetas y asteroides, por lo que a partir de ellos, se puede obtener información sobre la edad del sistema solar.<sup>6</sup>

Queda demostrada, pues, la importancia del magnesio. Resulta tan importante como el oxígeno o el carbono. Sin él, no hay vida. También es utilizado para conocer la edad de las rocas. E incluso las nuevas tecnologías se sirven de él. ¡Lo tiene todo!

#### Referencias.

<sup>1</sup><http://remedios.innatia.com/c-remedios-calambres/a-como-evitar-calambres-musculares.html>

<sup>2</sup><http://propiedadesalimentos.jaimaalkauzar.es/propiedades-y-beneficios-del-magnesio.html>

<sup>3</sup><http://www.institutobiologico.com/caseros/magnesio.htm>

<sup>4</sup><http://www.profesorenlinea.cl/Quimica/magnesio.htm>

<sup>5</sup>[http://www.portaleso.com/portaleso/trabajos/tecnologia/materiales/metales\\_no\\_ferricos\\_noelia\\_2005/ayuda/aplicacionesmg.html](http://www.portaleso.com/portaleso/trabajos/tecnologia/materiales/metales_no_ferricos_noelia_2005/ayuda/aplicacionesmg.html)

<sup>6</sup><http://es.scribd.com/doc/11562479/Isotopos-de-Metales-Alcalinos-Terreos>



Artículo realizado Rocío Espinosa Portero

## EL SR ESTRONCIO ¿UN ELEMENTO PARA OLVIDAR?

Si observamos la tabla periódica, en el 5º periodo de la 2ª columna, en el grupo de los metales alcalinotérreos, encontramos al Estroncio, Sr. Puede que este nombre no nos resulte familiar, pero si alguna vez hemos sido forzados a aprender los elementos de la tabla periódica a lo mejor nos hemos preguntado: ¿para qué sirve este elemento? ¿Sirve para algo importante? ¿Es útil y valioso para la humanidad? Las respuestas a continuación.

**Palabras clave** *Electrólisis, Aluminoterminación, Ranelato de Estroncio, Isótopos Radiactivos, Osteoporosis*

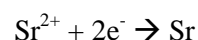
La estroncianita, un mineral compuesto por carbonato de estroncio, fue descubierta en Strontian en 1790 por Adair Crawford. En 1808, el químico inglés Sir Humphry Davy logró separar por primera vez el estroncio, entre otros elementos, como resultado de sus investigaciones sobre la electrólisis.

El estroncio es un elemento que sólo se encuentra combinado en la naturaleza por ser muy reactivo. En presencia de aire arde espontáneamente para formar óxido y nitruro, debido a esto se conserva en parafina. Los únicos minerales que contienen suficiente estroncio para que merezca la pena recuperarlo son la estroncianita, SrCO<sub>3</sub>, y la celestina, SrSO<sub>4</sub>.<sup>1</sup>

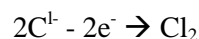
Para la obtención del estroncio tenemos dos métodos: la electrólisis y la aluminoterminación. La electrólisis es un proceso en el que se

transforma energía eléctrica en química a partir de reacciones de oxidación-reducción (redox). En las pilas electrolíticas se lleva a cabo una reacción redox imposible de producir termodinámicamente de forma espontánea, esto es posible ya que se aplica una diferencia de potencial que supera a la de la pila.<sup>2</sup>

Cátodo (electrodo negativo) - Reducción



Ánodo (electrodo positivo) - Oxidación



La aluminoterminación, el otro método para obtener estroncio, consiste en la reducción de un compuesto del elemento en cuestión, generalmente un óxido, empleando

aluminio finamente dividido y aumentando la temperatura. El poder reductor de aluminio sobre los óxidos de otros metales se debe a la gran cantidad de energía que se libera al formarse el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), por lo tanto, es suficiente con superar la energía de activación para que la reacción se desarrolle por sí sola. La aluminotermia se aplica para la obtención de numerosos metales a partir de sus óxidos.<sup>3</sup>



Figura 1. Imagen de televisor CRT antiguo de tubo de rayos catódicos.<sup>4</sup>

Hace años, el uso predominante del estroncio fue en los tubos de rayos catódicos de los televisores CTR, una de sus grandes aportaciones al mundo moderno. Al bloquear los rayos X emitidos por los tubos de rayos catódicos, su aplicación está regulada por ley para proteger a los espectadores. El tubo de rayos catódicos fue desarrollado por Ferdinand Braun en 1897 y se trata de una pieza clave en el funcionamiento de estos televisores ya que gracias a él se procesan las señales eléctricas que se reciben en la antena para ser convertidas en información lumínica. Sin embargo, su consumo ha descendido de manera drástica como consecuencia directa del uso de las pantallas de cristal líquido (LCD), que requieren un mínimo o nada de estroncio.<sup>5</sup>

Uno de sus usos más comunes es en pirotecnia y señalización por el tono rojo

brillante de la llama, exclusivo de este elemento, al combustionar el carbonato o el nitrato de estroncio. A partir de estos usos más comunes el resto son muy variados, desde la eliminación de impurezas durante la producción electrolítica del zinc, lo que da lugar a zinc de alta pureza (SHG zinc), hasta su aplicación en cerámica y sanitarios, en los que el carbonato de estroncio aumenta la resistencia a la abrasión, pasando por su utilización en pigmentos y pinturas, la industria del vidrio, etc.

Es importante hablar acerca de la similitud del estroncio con otros elementos, como el bario o el calcio, por encontrarse en el mismo grupo de la tabla periódica. Aunque es posible sustituir al bario por el estroncio, estos cambios pueden tener un efecto adverso.<sup>6,7</sup>

El estroncio y el calcio tienen radios atómicos muy parecidos lo que hace que el cuerpo humano no los distinga. En el caso de las formas estables del estroncio, Sr-84 (0,56%), Sr-86 (9,86%), Sr-87 (7,0%) y Sr-88 (82,58%), no suponen ningún riesgo para el cuerpo. Hay un total de dieciséis isótopos radiactivos que sí perjudican a los seres vivos al ser absorbidos en lugar del calcio y acumularse en el hueso por presentar un comportamiento bioquímico parecido, prolongando la exposición del hueso a la radiación lo que puede desembocar en múltiples enfermedades.

El estroncio radiactivo está declarado como agente cancerígeno por la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC). A pesar de que se ha demostrado que elevadas cantidades de estroncio no radiactivo en niños puede alterar el crecimiento de los huesos, todavía no se ha evaluado la eficacia o toxicidad del estroncio en forma de suplementos alimenticios como el citrato o el carbonato de estroncio.<sup>8</sup>



El Sr-90 es el isótopo más conocido y estudiado. Después de entrar en el organismo, sobre todo a partir de agua o comida contaminada, se elimina entre el 70 y el 80%, el resto queda almacenado en huesos y médula ósea. Su presencia puede causar cáncer de hueso, cáncer en tejidos próximos al hueso y leucemia. El Sr-90, producto de una fisión nuclear, es, junto a los isótopos I-131, Cs-134 y Cs-137, uno de los más dañinos para la salud liberados después del desastre de Chernobyl. Irónicamente, cantidades controladas de Sr-90 y Sr-89 pueden ser utilizadas en el tratamiento de cáncer de hueso. Además, el Sr-90 también se usa en radioterapia de algunos tipos de cáncer.<sup>9</sup>

Por último, podemos señalar las aportaciones del estroncio en el tratamiento de la osteoporosis y otras dolencias de los huesos. Ya en el año 1952 se comprobó que la adición de una cantidad moderada de lactato de estroncio mejoraba el depósito de calcio en los huesos. Sin embargo, fue a partir de los años 90, se investigó sobre el uso del ranelato de estroncio, una combinación de ácido ranélico y estroncio, y se demostró que éste disminuía la reabsorción ósea, proceso en el cual los osteoclastos eliminan tejido óseo liberando minerales, y mantenía la formación y aumento del volumen óseo sin inducir efectos de mineralización.

Su mecanismo de acción es muy diferente al de otros fármacos que previenen la destrucción ósea ya que tiene tanto el efecto de estimular la formación ósea como capacidad para disminuir la reabsorción ósea. En un estudio de tres años de duración, realizado a mujeres posmenopáusicas con osteoporosis y al menos una fractura vertebral, se observó a los tres meses de tratamiento con ranelato de estroncio un aumento de la fosfatasa

alcalina específica ósea, indicador de que el recambio óseo está aumentando, y una disminución del telopéptido C, un marcador que aumenta a medida que el hueso envejece. Estos cambios permanecieron estadísticamente diferentes al placebo durante el estudio.<sup>10</sup>

La mitad del incremento en la densidad ósea se atribuye a que el peso atómico del estroncio es mayor comparado con el calcio, y la otra mitad al verdadero incremento de masa ósea. La eficacia clínica de este fármaco ha sido probada gracias a que se ha demostrado su efecto beneficioso a largo plazo frente a placebo.

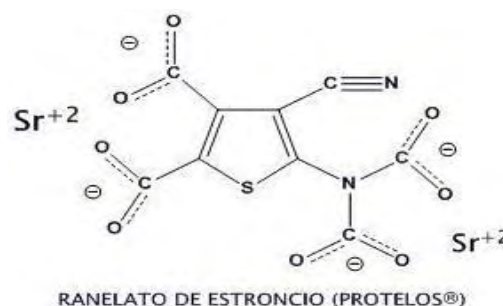


Figura 2. Estructura del ranelato de estroncio.<sup>11</sup>

Se puede concluir diciendo que el estroncio es un elemento olvidado. Apenas hay investigaciones que se refieran a él, y su época dorada acabó con la llegada de los televisores de plasma. ¿No sería posible aprovechar su similitud con el calcio para sintetizar tejido óseo? ¿Qué hay de su capacidad para bloquear emisiones de rayos X? Su obtención a partir de electrolisis es sencilla y barata ya que los minerales utilizados son bastante frecuentes. Este elemento merece mayor atención en la industria e investigación para poder explotar todo su potencial. Y por todas sus aportaciones al mundo moderno, se ha ganado el respeto de ser llamado señor.

<sup>1</sup><http://www.quimicaweb.net/tablaPeriodica/paginas/estroncio.htm>

<sup>2</sup><http://quimicayalgomas.com.ar/quimica-general/electrolisis-y-pila>

<sup>3</sup><http://www.mancia.org/foro/histologia/19974-fosfata-sa-alc-alina-osea.html>

<sup>4</sup><http://soporteca.blogspot.com.es>

<sup>5</sup>[http://www.elementinvesting.com/investing\\_in\\_strontium.htm](http://www.elementinvesting.com/investing_in_strontium.htm)

<sup>6</sup><http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/strontium/myb1-2007-stron.pdf>

<sup>7</sup><http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/strontium/mcs-2008-stron.pdf>

<sup>8</sup>[http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs159.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs159.html)

<sup>9</sup><http://en.wikipedia.org/wiki/Strontium-90>

<sup>10</sup><http://www.revistadeosteoporosisymetabolismomineral.com/pdf/articulos/92010020100050009.pdf>

<sup>11</sup>[www.info-farmacia.com](http://www.info-farmacia.com)



Artículo realizado por  
Alberto de la Iglesia  
Rodríguez

## EL POLONIO-210 Y SU RADIACIÓN ALFA PERJUDICIAL

**El Polonio-210, la misma sustancia que se llevó la vida del espía ruso Alexander Litvinenko<sup>1</sup> y que se piensa que fue causante de la muerte del líder palestino Yasser Arafat, está en el ambiente y nos rodea día a día. ¿Tenemos suficiente información sobre este elemento?, ¿conocemos sus riesgos?. A través de este artículo, conoceremos cuáles son realmente los efectos que puede producir en el ser humano y el porqué de estos riesgos.**

**Palabras clave** *Polonio, isótopo, radiactividad, tabaco, riesgos.*

El Polonio es un semimetal blando peligroso por su elevada radiactividad. En 1898 el matrimonio Curie, realizando investigaciones con la pechblenda (o uranita), se dio cuenta de que sus emisiones eran casi tres veces más intensas que las del uranio. Ambos científicos, al separar las sustancias no radiactivas de la pechblenda, obtuvieron un producto cuya radiactividad era cientos de veces superior a la del uranio. Dedujeron entonces que la pechblenda podría contener un elemento nuevo, al que llamaron Polonio. Fue el primer elemento químico descubierto gracias a sus propiedades radiactivas<sup>2</sup>. (Ver artículo “Marie Curie y la Radiactividad”, publicado en el número cero de MoleQla, para saber más sobre las investigaciones realizadas por el matrimonio Curie<sup>3</sup>).

Los isótopos de este elemento son una fuente de radiación alfa pura, por lo que

emitirán partículas alfa compuestas por dos protones y dos neutrones. De todos los isótopos conocidos del polonio, cabe destacar el isótopo 210, ya que es el más utilizado y el predominante en la naturaleza. Sorprendentemente podemos encontrar Polonio-210 en la atmósfera y en el interior del ser humano, en pequeña cantidad. Sin embargo, ingerir o inhalar dosis superiores a las normales (desde medio miligramo), causa graves daños en los tejidos y órganos y puede llegar a ser mortal.

Este isótopo produce una radiación alfa de una energía muy alta. El Polonio-210 es un radionúclido, es decir, la forma inestable de un elemento que se descompone hacia un estado más estable liberando radiación. Después de su periodo de semidesintegración, la mitad de la materia radiactiva se ha transformado en un

elemento estable, el Plomo-206. El Polonio-210 tiene alta radiotoxicidad. Esta toxicidad de las partículas alfa se caracteriza por la elevada transferencia lineal de energía en la parte interna del tejido biológico, es decir, al incidir en el ser humano, se acumulará dentro de los tejidos afectando a las células del mismo causando mutaciones genéticas.<sup>4</sup>

¿Cómo llega a nosotros esta radiación? A parte de estar en la atmósfera y en el propio ser humano, una de las formas más directas por las que la radiación del isótopo Polonio-210 nos afecta es mediante el humo del tabaco (Figura 1).



Figura 1. Advertencia en una cajetilla de tabaco sobre el peligro del isótopo Polonio-210<sup>5</sup>.

El Polonio-210 llega al tabaco porque está contenido en los fosfatos de los fertilizantes que se utilizan en el tratamiento de esta planta. El fosfato de calcio va acumulando uranio y liberando radón lentamente que, al desintegrarse, consigue la floculación de sus productos con partículas de polvo. Estas partículas de polvo se adhieren al envés de las hojas, dejando un depósito de polonio radiactivo y plomo. Se cree que el Polonio-210 se encapsula con fosfato de calcio y plomo en partículas radiactivas insolubles, y permanecerán así hasta que finalmente lleguen al ser humano mediante el humo del tabaco. Por su lado, el polonio radiactivo también es absorbido en las raíces. Cuando se fuma, el calor del extremo ardiente del

cigarrillo volatiliza los metales radiactivos, que pueden pasar libremente el filtro del otro extremo y entrar directamente en el ser humano porque el filtro solo recoge los carcinógenos químicos. Los estudios demuestran que la hipótesis de que el Polonio-210 se deposita en las bifurcaciones bronquiales sea la más acertada. Esto se confirma porque, en los lugares donde los carcinomas aparecen con frecuencia, se pueden encontrar dosis altas de radiación alfa, debido a la elevada radiotoxicidad de este isótopo. En los pulmones de un fumador crónico aparecerá un revestimiento radiactivo. Se ha demostrado que esta radiación alfa induce señales entre las células y por tanto afectará también a las células que no estén directamente expuestas a radiación. Además, el Polonio-210 es soluble. Circula por el cuerpo a todos los tejidos y células y puede encontrarse en la sangre y la orina de los fumadores. El Polonio-210 circulante provoca daños genéticos y muerte temprana por enfermedades mutagénicas causadas por su radiactividad.

Se calcula que un fumador de alrededor de 30 cigarrillos diarios está expuesto a un nivel de radiación similar al de una persona que se hiciese 300 radiografías anuales. Se estima que la radiación alfa producida por el Polonio-210 contenido en los fertilizantes de las plantas del tabaco es causante de aproximadamente 11700 de las muertes a nivel mundial por cáncer cada año. Como se encuentra en los fertilizantes usados para el tratamiento de las plantas del tabaco, el tabaco cultivado en los países en vías de desarrollo contiene un tercio menos de radiactividad que el producido en los países desarrollados. En el tabaco americano, en el periodo de 1930 a 1980, el nivel de Polonio-210 se había triplicado con el uso de fertilizantes fosfatados por los cultivadores de tabaco. Este dato se relaciona directamente con el aumento de la

aparición de cáncer de pulmón entre los hombres de esa época.

A pesar de estar contenido en el humo del tabaco, el Polonio-210 no es el único componente perjudicial del tabaco. Muchos otros componentes, como el plomo, el benceno, el monóxido de carbono o el arsénico (Figura 2), inciden de una forma u otra en el ser humano y son también determinantes en las causas de las enfermedades relacionadas con el tabaco, al igual que el alquitrán depositado en los pulmones de los fumadores. Declaraciones dadas por científicos que han estudiado este tema, como C. Everett Koop, quien fue General Surgeon –responsable de salud pública– de EEUU, nos dan más datos sobre la influencia de la radiactividad del Polonio-210 en el ser humano. Declaró que es la radiactividad, y no el alquitrán, la responsable del 90% de todos los cánceres de pulmón atribuidos al tabaco. La CDC –Centers for Disease Control and Prevention– de EEUU concluyó que “los americanos están expuestos a muchas más radiaciones procedentes del humo del tabaco que de cualquier otra fuente”. Aun así, los síntomas de esta exposición al Polonio-210, incluso fumando mucho, no serán inmediatos.



Figura 2. Componentes del tabaco<sup>6</sup>.

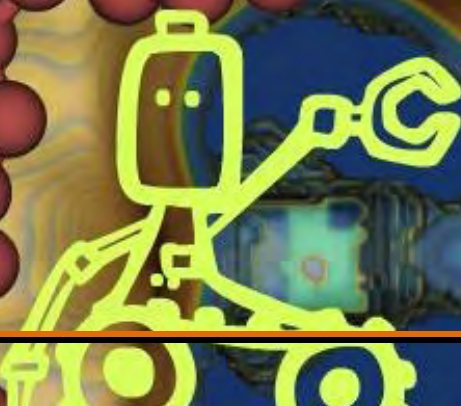
Son poco conocidos los riesgos que el Polonio-210 tiene sobre nosotros. Debemos tomar conciencia de que al fumar aumentamos de forma innecesaria el nivel de Polonio-210 de nuestro organismo y que, a la larga, perjudicamos nuestra salud debido a la radiactividad de este isótopo.

#### Referencias:

- <sup>1</sup>. <http://www.elmundo.es/elmundosalud/2006/11/30/medicina/1164890320.html>
- <sup>2</sup>. <http://www.biografiasyvidas.com/monografia/curie/radiactividad.htm>
- <sup>3</sup>. [http://www.upo.es/moleqta/export/sites/moleqta/documentos/Numero\\_Cero.pdf](http://www.upo.es/moleqta/export/sites/moleqta/documentos/Numero_Cero.pdf)
- <sup>4</sup>. [http://www.energiasostenible.org/mm/file/GCT2006%20Doc\\_pcm-RadiotoxicidadPo210.pdf](http://www.energiasostenible.org/mm/file/GCT2006%20Doc_pcm-RadiotoxicidadPo210.pdf)
- <sup>5</sup>. Imagen extraída de <http://estroncio-90.blogspot.com.es>
- <sup>6</sup>. Imagen extraída de <http://www.elconfidencial.com>



# CURIOSIDADES





Artículo realizado por  
María Manuela Romero  
Cisneros

## LAS OTRAS APLICACIONES DEL ORO

**¿Qué pensarías si te dijera que tu móvil, tu GPS o tu ordenador llevan oro en su interior? ¿Alguna vez se te ha ocurrido que el oro sirve para algo más que para acuñar monedas? Pues por mi extraño que pueda parecer muchos de los aparatos que hoy en día manejas no funcionarían si no fueran por materiales fabricados con oro.**

**Palabras clave** *Electrónica, sanidad, automóviles, ductilidad, nula corrosión.*

El oro es un elemento químico de número atómico 79 que en la tabla periódica está situado en el grupo 11 y en el periodo 6, su símbolo es Au, y su denominación proviene del latín *aurum*. Como consecuencia de su localización, sus valencias son +1 y +3 y en menor medida +2 y +5. Pertenece al grupo de los metales de transición blandos, entre sus características destacan el color amarillo, aunque también podemos encontrarlo en negro, rubí o morado en divisiones finas. Del hecho de ser brillante, pesado, dúctil y maleable, derivan muchas de sus aplicaciones actuales. Asimismo, se caracteriza por ser muy denso lo cual explica sus altos puntos de fusión y su alta afinidad electrónica. Es buen conductor del calor y de la electricidad, por lo que tiene una elevada resistencia a la alteración química por parte del calor, de la humedad y de los agentes corrosivos, propiedades muy importantes en sus diversos usos, como por ejemplo en la acuñación de monedas.

Ya desde la antigüedad se utilizaba, un ejemplo lo encontramos en los jeroglíficos egipcios de 2600 a.C. o en las innumerables veces que aparece nombrado en el Antiguo Testamento. Era muy valorado debido a la

resistencia a la corrosión, su sencillez y bajo costo de extracción y por último, por ser fácil de utilizar, lo que se explica por la propiedad de ser dúctil y maleable.

Por lo que respecta a su localización, el oro se encuentra ampliamente distribuido por todo el planeta y es frecuente hallarlo en los mares y océanos, pero las mayores concentraciones se sitúan en Sudáfrica. Algunas veces asociado a minerales de cuarzo y pirita, y se suele extraer por lixiviación de cianuro.

En cuanto a su uso se ha ido extendiendo y ya no se utiliza sólo como moneda de cambio y como referencia en las transacciones monetarias o en la industria de la joyería si no que hoy en día es de los metales más utilizados en el campo de la industria electrónica, de los automóviles e incluso en el ámbito sanitario. (Figura 3)

Si bien es cierto que la mayoría de la población desconoce esta aplicación industrial en la actualidad se ha convertido en un verdadero reto encontrar un aparato electrónico que no contenga oro.

Sus principales usos en el campo electrónico son: los contactos enchapados en oro y los alambres conductores. Los primeros, aportan una mayor estabilidad en el tiempo y una mayor resistencia a la corrosión. Ejemplos típicos serían las tarjetas intercambiables, los contactos de la batería de los móviles y los contactos de computadores o switches en conectores. Por otra parte, los segundos son finos hilos, apenas visibles que sirven para implementar la conexión eléctrica entre un circuito integrado o chip y su encapsulado. De nuevo la estabilidad del oro así como su resistencia a la corrosión, hacen que las conexiones superen la vida del chip. De ahí su gran importancia en la industria de los semiconductores. (Figura 1)

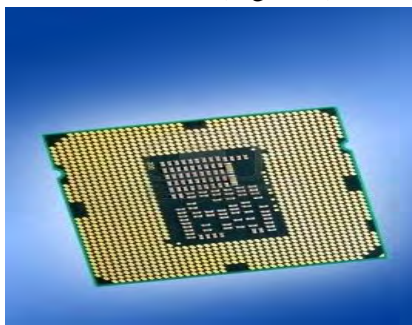


Figura 1. Microprocesador central con contactos de oro.

En consecuencia, encontramos presente al oro en los ordenadores, en los chips de sus placas “madres” y en todos los cables como es el caso de los conectores para fijar el microprocesador. Con la misma función lo encontramos en GPS, calculadoras, televisores y teléfonos móviles. Muy curioso el caso de estos últimos, aunque la cantidad que tienen no supera los escasos miligramos, si tenemos en cuenta todos los teléfonos móviles que se utilizan, fabrican y desechan anualmente, así como la alta tasa de recambios de equipos electrónicos que se realizan por parte de la sociedad, los datos son escalofriantes ya que no somos conscientes de la cantidad de oro que se pierde constantemente. Y siendo este un gran problema con respecto al uso del Oro en el campo de la electrónica, adquiere

mucha importancia el reciclaje, pues evita esta pérdida.

No obstante, la utilización del oro no se limita en la industria de la electrónica, sino que también se extiende a la automovilística, a la fabricación de motores. Su uso es muy frecuente ya que tiene cero corrosión, y en consecuencia una mayor vida útil y mayor seguridad a la hora de mantenimiento. Esto se explica porque las moléculas de oro se deslizan unas con otras fácilmente y proveen de una excelente acción lubricante, razón esta de que no sólo se empleen en la fabricación de coches, sino también en la de aviones, naves espaciales y satélites. En naves espaciales es muy común, tanto es así que la NASA lo utiliza en la construcción de todos sus proyectos: naves y satélites se construyen con un material que es básicamente poliéster cubierto con una película de oro, que refleja la radiación infrarroja. Pero aquí no acaba la cosa, los cascos de los astronautas también se recubren por una capa fina de oro, para de esta forma protegerlos de los efectos perjudiciales de la radiación procedente del sol. (Figura 2)



Figura 2. Podemos observar como el casco de este astronauta está recubierto por una fina película de oro.

No solo en los motores, también aparece en la seguridad pasiva de los automóviles, ya que se utiliza como parte de las bolsas de aire o airbags, que saltan en caso de accidente. El oro se asegura de que estas funcionen correctamente y se activen en caso de que sean necesarias.

En los últimos tiempos, se ha ampliado el uso de este metal precioso al ámbito de la construcción y se han desarrollado técnicas como la consistente en el empleo del oro en las ventanas de los nuevos edificios que permiten alejar el calor sin disminuir la luz. Aunque ello puede suponer subir el coste total de la vivienda, lo cierto es que se compensa con el ahorro energético, ya que de esta forma se disminuye el consumo de electricidad necesario para el funcionamiento de los aparatos de aire acondicionado.

Por lo que respecta al campo de la salud, se emplea una técnica conocida como la crioterapia que utiliza el oro en tratamientos para enfermedades de tipo reumáticas y dentro de la odontología, el oro forma empastes dentales en amalgama con el mercurio para obturar las cavidades que aparecen como consecuencia de las caries. Además, un isótopo de este metal se emplea en tratamientos contra el cáncer y otras enfermedades. Sin embargo y a pesar de ser tan útil en este ámbito y no ser tóxico para el cuerpo humano, muchas veces algunos pacientes han sufrido daños hepáticos y renales, como consecuencia de haber recibido un tratamiento que utilizaba oro.

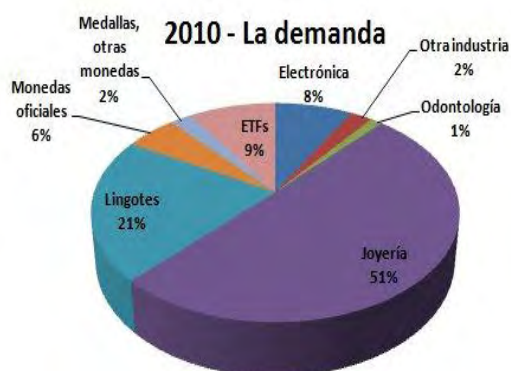


Figura 3. Gráfica que nos muestra la demanda de oro en los diferentes sectores durante el año 2010.

Más allá de su valor como moneda de cambio y objeto precioso, no cabe duda que el oro tiene un papel muy importante en la vida moderna y aunque con ciencia exacta no podemos predecir lo que ocurrirá en un futuro no muy lejano en el campo de los avances científicos y tecnológicos, lo que sí tengo claro es que el oro, pase lo que pase estará presente en dicho desarrollo, debido a su gran utilidad. Sin ir más lejos ya se utiliza en la electrónica orgánica y en concreto con nano partículas, aunque está aún en vías de desarrollo.

#### Referencias:

- <sup>1</sup>. <http://www.ciber-arte.com/escultura/oro.htm>
- <sup>2</sup>. <http://www.lamineriaentuvida.com.ar/oro-cotidiano/>
- <sup>3</sup>. <http://construyendodialogo.com/2011/11/15/el-uso-del-oro-en-los-aparatos-electronicos-angel-abusleme/>
- <sup>4</sup>. <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/8730746/Que-usos-tiene-el-oro.html>
- <sup>5</sup>. <http://www.guerreronegro.org/reportajes/oro.html>



*PASATIEMPOS*





## “ROSCO” QUÍMICO. N°4

Juego hecho por Irene Perea Romero

**Este juego está hecho para comprobar tus conocimientos sobre el mundo de la química: estructuras atómicas, termodinámica, cinética y equilibrio químico, reacciones de transferencia de protones o de electrones, subdisciplinas químicas...**

**El juego consiste en acertar el mayor número de palabras, usando para ello las definiciones que aparecen.**

### “ROSCO”

Empieza por A: Si tenemos una reacción directa endotérmica y aumentamos la temperatura, ¿qué sucede con la constante de equilibrio?

Empieza por B: Dispositivo que almacena energía química para ser liberada más tarde como electricidad.

Empieza por C: Forma de energía que produce en su transferencia una variación de temperatura

Empieza por D: Estados cuánticos distintos pero con el mismo valor de energía.

Empieza por E: Diferencia de energía potencial electrostática entre los iones infinitamente separados y cuando están formando un sólido cristalino.

Empieza por F: Mayor o menor tendencia de un ácido o base a transferir o aceptar un protón.

Contiene la G: Campo de la química que se encarga de la síntesis y estudio de los compuestos que se basan en cadenas de Carbono.

Empieza por H: Reacción de los iones de una sal con el agua.

Empieza por I: Compuestos con la misma fórmula pero diferente disposición de los átomos.

Contiene la J: Término que se refiere al par de especies: ácido y la especie que resulta por la pérdida de un protón, o base y la especie que resulta por ganancia de un protón.

Empieza por K: Forma abreviada de representar el producto de solubilidad.

Contiene la L: Frasco transparente de forma cónica con una abertura en el extremo angosto, generalmente prolongado con un cuello cilíndrico. Útil para realizar mezclas por agitación y para la evaporación controlada de líquidos.

Empieza por M: Mezclas en las que el vapor y el líquido tienen la misma composición y por tanto hierven a temperatura constante.

Empieza por N: Si tenemos un proceso exotérmico el signo de la variación de entalpía será...

Contiene la O: Oxidación de metales expuestos al aire mediante un proceso redox.

Empieza por P: Sólido insoluble que se forma por una reacción en disolución.

Contiene la Q: Estado dinámico en el cual dos o más procesos opuestos ocurren simultáneamente y a la misma velocidad.

Contiene la R: Ecuación que relaciona el potencial de una celda, E, con el potencial estándar,  $E^\circ$ , y las concentraciones de reactivos y productos.

Empieza por S: Clasificación de los distintos ligandos en función de su capacidad para producir un desplazamiento de los niveles de energía d.

Empieza por T: Según el Principio de Le Chatelier, cambio que puede alterar el valor de la constante de equilibrio.

Contiene la U: Nombre de la ley que establece que la presión de vapor en una solución ideal es directamente proporcional a la fracción molar de disolvente presente.

Empieza por V: Instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

Empieza por W: Unidad de potencia que equivale a 1 Julio por segundo.

Contiene la X: Principio que afirma que un máximo de dos electrones pueden ocupar un orbital atómico, pero solo si los electrones tienen espines opuestos.

Contiene la Y: Apellido del científico que da nombre a la carga eléctrica contenida en un mol de electrones, la cual equivale a 96487 C.

Contiene la Z: Diferencia de potencial eléctrica entre los electrodos.

### SOLUCIONES

A: Aumenta

B: Batería

C: Calor

D: Degenerados

E: Energía reticular / Energía de red

F: Fuerza

G: Química orgánica

H: Hidrólisis

I: Isómeros

J: (Par) conjugado

K: Kps

L: Erlenmeyer

M: Mezclas azeotrópicas

N: Negativo

O: Corrosión

P: Precipitado

Q: Equilibrio químico

R: Nernst

S: Serie espectroquímica

T: Temperatura

U: Raoult

V: Voltímetro

W: Watio

X: Exclusión (de Pauli)

Y: Faraday

Z: Fuerza electromotriz