

La Química en el Cine: Ficción o realidad

Laura Torre-Fernández, Santiago García-Granda

Resumen: Los contenidos del cine y la televisión pueden ser utilizados de manera muy útil como herramienta didáctica para transmitir a los alumnos el conocimiento científico de una forma rigurosa a la vez que amena.

Palabras clave: Química, conocimiento científico, cine, televisión.

Abstract: Cinema and television contents can be used as a useful tool to use the students to scientific knowledge in a rigorous and enjoyable way.

Keywords: Chemistry, scientific knowledge, cinema, television.

Introducción

La divulgación científica es, actualmente, un campo muy extenso que cuenta con infinitud de herramientas para acercar el conocimiento científico y, en este caso concreto, la Química a todos los públicos. Existen talleres y demostraciones^{1,2} que, de un modo más o menos participativo nos muestran y explican diferentes procesos químicos. Existen también un gran número de libros³ que nos explican dichos procesos, así como desarrollos de software y documentales⁴ dedicados al mismo fin. Sin embargo, cuando se trata de introducir el conocimiento científico, o la Química en este caso, en el aula, necesitamos una herramienta que nos permita transmitir y despertar el interés de los alumnos por este tema de una forma rigurosa pero, al mismo tiempo, amena y divertida. Esta herramienta a la que nos referimos es el cine.

La Química, el cine y la televisión

El cine y la televisión ya se han usado en numerosas ocasiones con fines divulgativos. En la revista *Journal of Chemical Education* podemos encontrar varios artículos dedicados al estudio de la Química presente en películas y series de televisión. Por ejemplo, los efectos del calcio sobre nuestros huesos que nos muestra Orlando Bloom en la película "The Calcium Kid" (2004) o de la exposición a la radiación que se nos presentan en

la película "Plutonium Baby" (1987).⁵ Podemos también encontrar la aplicación del hidróxido de litio como absorbente del dióxido de carbono exhalado en un espacio cerrado que es utilizada en la película "Apollo 13" (1995).⁶ Algunos de los ejemplos más llamativos, se encuentran en las novelas de Ian Fleming, "007",⁷ llevadas en su mayoría a la gran pantalla, y en las que podemos encontrar numerosos ejemplos de química orgánica, química inorgánica, química física o química industrial.

Otra forma de utilizar el cine y la televisión para enseñar química es destapar las falacias científicas que se esconden en las películas.⁸ Podemos encontrar gran cantidad de blogs y páginas web dedicadas a este propósito. El canal de televisión "Discovery Channel" emite un programa dedicado a tal fin, "Cazadores de Mitos" ("MythBusters").⁹

De todos los ejemplos y proyectos encontrados, el que, a nuestro parecer es más didáctico, es el que ha llevado a cabo Christopher Magee, de la Universidad de Bristol. Este autor ha diseñado una página web¹⁰ en la que nos muestra una serie de ejemplos para utilizar el cine y la televisión como herramienta divulgativa. Para ello, sitúa el compuesto en el contexto de la película o serie para posteriormente profundizar en la química del compuesto desde su estructura hasta su modo de actuación. Esta será la dinámica que seguiremos en este trabajo presentando algunos de los ejemplos de C. Magee, que se comentarán por la claridad con que dicho ejemplo nos presenta un determinado compuesto.

A continuación propondremos una serie de ejemplos que se presentarán conjuntamente como un taller de Química y no como ejemplos individuales para usar en clases de química aisladas. El objetivo de este taller es, como ya hemos comentado con anterioridad, hacer llegar la química a todos los públicos, despertar el interés de los alumnos por este tema utilizando algunas de sus series y películas preferidas, para finalmente, introducir importantes conceptos de química, como la saponificación o mostrar que la química está presente en nuestra vida cotidiana gracias a los medicamentos, jabones o automóviles.

En la Universidad de Oviedo se han llevado a cabo varios talleres que bajo el título "La Química en el Cine: Ficción o Realidad"¹¹ y "La ciencia en el cine y la televisión"¹² han servido a modo de experimento. Los talleres duraron aproximadamente una hora durante la cual se visionaron escenas de películas o series para, a continuación, profundizar en el com-



L. Torre-Fernández



S. García-Granda

Facultad de Química - Universidad de Oviedo
Julián Clavería, 8. 33006. Oviedo.
C-e: torrelaura@uniovi.es

Recibido: 05/05/2011. Aceptado: 08/07/2011.

puesto que se nos presenta en dicha escena centrándonos en la química y aplicaciones del mismo. Los resultados de estos talleres han sido muy satisfactorios, mostrando los alumnos gran interés por el tema.

A continuación, mostraremos algunos de los ejemplos utilizados en dichos talleres, así como la explicación correspondiente a cada uno.

“Bones” y la Tetratodtoxina

La ciencia forense se ha vuelto tremendamente popular en los últimos años debido a su presencia por ejemplo en series como “CSI” o “Bones” con altos índices de audiencia. Estas series nos presentan problemas científicos tanto químicos, como físicos y biológicos y son vistas por un gran número de estudiantes. La fascinación que suelen despertar en ellos puede ser utilizada para introducirles conocimientos científicos.

En el caso concreto de “Bones”, nos encontramos con una serie muy bien documentada y con muchas escenas que pueden ser utilizadas en el aula. Un ejemplo es el capítulo 22 de la cuarta temporada titulado “La doble muerte del querido difunto”. En este episodio, un colega del Jeffersonian muere supuestamente de un ataque al corazón, sin embargo el equipo científico de la serie descubre que al hombre lo envenenaron, cayó en coma, el juez de instrucción lo declaró muerto sin estarlo, y más tarde, ya en la funeraria, fue apuñalado por un asustado empleado cuando empezó a tener espasmos. Una de las hipótesis que se presentan para que el hombre pareciera estar muerto sin realmente estarlo es la ingestión de tetratodtoxina, presente en algunos platos típicos de la cocina japonesa que habían sido ingeridos por el difunto, lo que le indujo un estado de zombificación.

La tetratodtoxina^{13,14,10} (TTX), $C_{11}H_{17}N_3O_8$ es una neurotoxina presente en las vísceras de algunos peces. Uno de esos peces es el pez fugu o pez globo que además, es un plato típico de la cocina japonesa. Cuando esta toxina es ingerida altera el funcionamiento del sistema nervioso haciendo disminuir las constantes vitales y llegando a poner en peligro la vida del individuo. Concretamente, la TTX actúa sobre las neuronas bloqueando de forma específica los canales de sodio presentes en la membrana y que son los responsables de producir la transmisión nerviosa (Figura 1). En resumen, en presencia de la TTX las neuronas no pueden producir impulsos que permitan a los músculos contraerse. En pequeñas dosis la TTX es utilizada como droga, ya que induce a un estado conocido como zombificación en el que el individuo experimenta los síntomas de la muerte sin que esta llegue a producirse, aunque, una vez se pasa el efecto, el individuo siempre presentará secuelas físicas y psicológicas. Esta toxina es, en cualquier caso, tremendamente peligrosa ya que una dosis de 0,51 mg

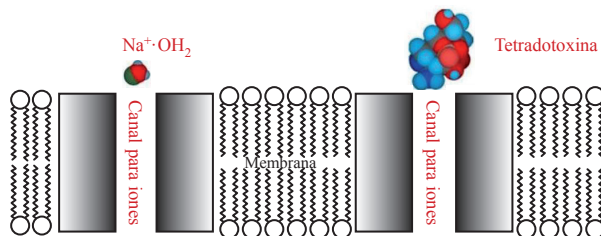


Figura 1. Mecanismo de acción de la TTX.

en sangre es suficiente para producir la muerte instantánea de un hombre adulto y a día de hoy no hay antídoto conocido.

Esta toxina se ha utilizado en numerosas ocasiones en el cine debido a sus increíbles efectos en el cuerpo humano, así por ejemplo, además de en “Bones” podemos encontrarla en el capítulo 11 de la segunda temporada de “Los Simpson” titulado “Un pez, dos peces, pez Fugu, pez Azul” tal como nos muestra C. Magee en su página web, o en la película “Un ciudadano ejemplar” (2009). Nosotros hemos seleccionado la escena de la serie de televisión por su elevado índice de audiencia, así como por la claridad de las explicaciones de los protagonistas. Sin embargo, podría utilizarse cualquiera de los ejemplos presentados para introducir este compuesto.

“Shutter Island” y la Toracina

“Shutter Island” (2010) nos cuenta la historia de Teddy Daniels (Leonardo DiCaprio), un alguacil de Estados Unidos, que acude con su compañero a Shutter Island, para investigar la desaparición de una asesina en serie del impenetrable hospital psiquiátrico Ashecliffe, situado en dicha isla. Durante el transcurso de las investigaciones y sus entrevistas con los diferentes psiquiatras y pacientes se nos introduce en las técnicas médicas utilizadas para tratar las enfermedades mentales en la década de los 50, en la cual se ambienta la película. Dichas técnicas se basaban tanto en cirugía como en tratamiento farmacológico. En el caso de la cirugía era muy utilizada la lobotomía,¹⁵ que consistía en la destrucción total o parcial de los lóbulos frontales del cerebro sin ablación. En cuanto a los fármacos, uno de los más frecuentes era la toracina, cuyos efectos nos explica el doctor John Cawley en una escena de la película.

La toracina o clorpromacina,^{16,17,18} $C_{17}H_{19}ClN_2S$, es una medicina antipsicótica que está en un grupo de drogas llamadas fenotiazinas que fueron la primera familia de antipsicóticos. Este compuesto fue sintetizado por primera vez en 1950 para ser utilizado como antihistamínico aunque pronto se observaron sus efectos tranquilizantes en enfermos mentales por lo que ya en 1954 empezó a utilizarse para el tratamiento de esquizofrenia y otros desórdenes psiquiátricos.

Este fármaco actúa mediante el bloqueo de una variedad de receptores en el cerebro, en particular los receptores de dopamina,¹⁹ la cual está involucrada en la transmisión de señales

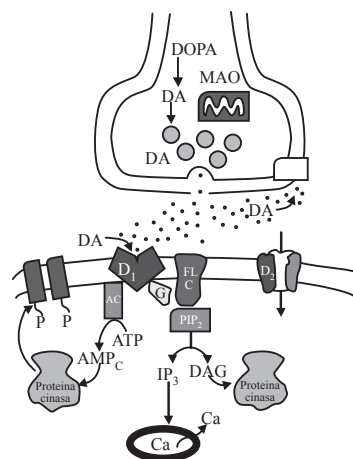


Figura 2. Mecanismo de acción de la Toracina.

entre las células cerebrales y tiene muchas funciones en el cerebro, incluyendo papeles importantes en el comportamiento y la cognición, la actividad motora, la motivación y la recompensa, la regulación de la producción de leche, el sueño, el humor, la atención, y el aprendizaje. Cuando hay un exceso de cantidad de dopamina en el cerebro se provoca un exceso de estimulación de sus receptores que suelen actuar para modificar el comportamiento. El exceso de estimulación puede dar lugar a la enfermedad psiquiátrica.

Concretamente, la toracina bloquea los receptores D2 (Figura 2) ejerciendo de este modo su acción antipsicótica.

Los efectos secundarios de este fármaco residen en el hecho de que, además de los receptores D2, bloquea, entre otros, los receptores de serotonina e histamina lo que dará lugar a una ganancia de peso, sedación y bajada de la tensión arterial, entre otros.

Las enfermedades mentales son el tema principal de muchas películas, así que podemos escoger entre un gran número de ellas para introducir este compuesto ya que, aunque no está presente en todas ellas, aparece en un gran número. Nosotros hemos escogido esta película por ser la más actual lo que hace más probable que los alumnos la conozcan y despierte su interés. Otros ejemplos son “Frances” (1982) y “Alguien voló sobre el nido del cuco” (1975).

“A todo gas”, “Arma letal 4” y el óxido nitroso

El óxido nitroso,²⁰ con fórmula N_2O , es un gas incoloro con un olor dulce y ligeramente tóxico. Provoca alucinaciones, un estado eufórico y en algunos casos puede provocar pérdida de parte de la memoria humana.

Uno de los usos de este gas es aumentar la potencia del motor.²¹ Para que un coche funcione necesitamos que se produzca la combustión de la gasolina. Como en toda combustión existe un elemento que arde, o combustible, en nuestro caso la gasolina, y otro que produce la combustión, o comburente, generalmente oxígeno, en nuestro caso, el del aire. Al encender el motor inyectamos gasolina a la cámara de combustión, se mezcla con el aire, se produce una chispa, lo que da lugar a la combustión, se genera una presión en la cámara que empuja el pistón y hace que se mueva la polea, generando el movimiento rotatorio que se transmitirá a las ruedas del vehículo (Figura 3).

En la Figura 3 vemos un pequeño esquema, realmente, los motores están compuestos de más de un pistón y una polea (Figura 4).

Cuando añadimos a un coche un kit de óxido nitroso aumentaremos la potencia del motor de la siguiente manera, la cadena molecular del gas se rompe durante la combustión produciendo un aumento del oxígeno disponible, es decir de comburente, por lo que necesitaremos más combustible para mantener una relación aire/combustible adecuada, la presión ejercida sobre el pistón será mayor y eso generará la potencia extra. Los actuales kits de óxido nitroso que existen en el mercado, alejados de la competición, están adaptados a los combustibles habituales, para no ocasionar daños en el motor, y permiten que el conductor lo aplique a voluntad, para que, al accionar el sistema, se logre una brusca aceleración. Podemos ver de manera muy gráfica cómo funciona un motor de gasolina y los efectos en él del óxido nitroso en una secuencia de la película “A todo gas” (2001). Este

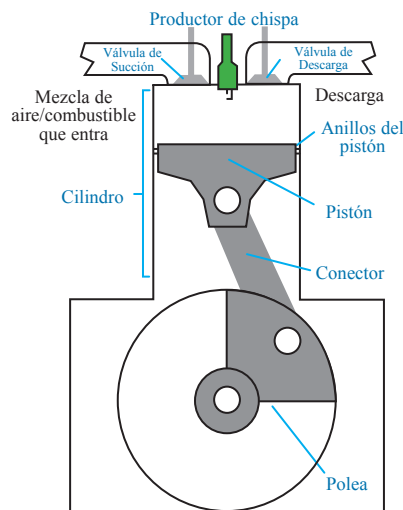


Figura 3. Esquema de un motor de gasolina.

ejemplo es original de Christopher Magee, ya que lo presenta en su página web. Pero lo hemos presentado tanto por la manera tan gráfica que la escena nos muestra el funcionamiento del motor, como por el hecho de que nos sirve para introducir otra aplicación de este compuesto que es utilizado anestésico.²² Podemos ver un ejemplo de esta aplicación y sus efectos secundarios en una escena de la película “Arma letal 4” (1998).

Como anestésico se administra por vía inhalatoria, y, como todos los anestésicos inhalatorios, entra en el organismo por medio de los pulmones y es distribuido por la sangre en los diferentes tejidos. La diana de estos anestésicos es el cerebro. Actúan disminuyendo la actividad normal de las neuronas, lo que da lugar a depresión del sistema cardiovascular (disminución de la contractilidad cardíaca y disminución de la presión arterial) y depresión de la respiración. Las ventajas que presenta este compuesto como anestésico es que proporciona una rápida inducción y despertar de la anestesia, además, es casi completamente eliminado por los pulmones, con una mínima difusión a través de la piel. Se administra, generalmente mezclado con oxígeno, ya que la administración de óxido nitroso al 100% puede provocar asfixia y la muerte. Hoy en día, es un coadyuvante fundamental en la anestesia general aunque está siendo desplazado por la aparición de otros gases como el metoxifluoreato y el

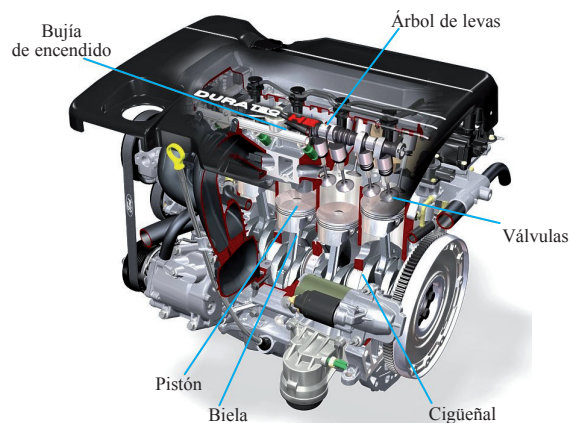


Figura 4. Motor de gasolina.

isofluoretano. La recuperación rápida de los pacientes es una de sus principales ventajas, especialmente en aquellos sometidos a cirugías ambulatorias o extracciones dentales.

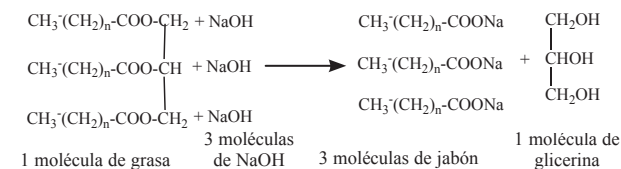
El principal efecto secundario de esta sustancia es que es capaz de dañar la médula espinal, ya que el óxido nítrico bloquea la acción de la vitamina B12. Otro de los efectos secundarios que produce este gas es que el individuo experimenta cierta embriaguez o una sensación de bienestar y alegría, que suele derivar en un ataque de risa incontrolado, de ahí que sea utilizado como droga, muy popular por ejemplo, en algunos locales de Camden Town en Londres. No hay mucha información sobre cómo la inhalación de este gas llega a provocar “la risa tonta”, pero diversos ensayos en ratas muestran que tiene que ver con la acción de la serotonina (5-HT), que es una sustancia generada por las neuronas y que tiene efectos en el humor y estado mental de los humanos. Al inhalar este gas, la liberación de serotonina aumenta, y de ahí el cambio de humor y el ataque de risa.

Otros usos de este gas se encuentran en la industria alimentaria ya que se utiliza para hacer los alimentos (natas, yogures etc.) más espumosos.

El mayor problema que presenta es que el óxido nítrico es un poderoso gas de efecto invernadero, por lo que a las emisiones de este gas se las responsabiliza parcialmente junto con el dióxido de carbono, el metano y algunos aerosoles, de provocar el calentamiento global.

“El club de la lucha” y el jabón

El jabón se obtiene mediante un proceso llamado saponificación²³ (Esquema 1).



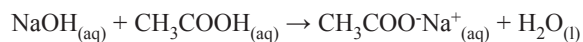
Esquema 1. Proceso de saponificación.

En la película “El club de la lucha” (1999) Brad Pitt explica con detalle el proceso de obtención de jabón y los diferentes usos que podemos dar a los subproductos que obtenemos en el proceso. Este ejemplo es original de C. Magee, pero se presenta debido a la claridad de la escena en cuanto a las explicaciones del proceso se refiere.

En la fabricación de jabón, la hidrólisis se producirá por la mezcla de grasas animales, sebo o grasas provenientes de liposucciones, que es lo que utilizan en esta película, o grasas vegetales, como el aceite de oliva, e hidróxido sódico o potásico, obteniendo los correspondientes jabones y glicerina.

“El club de la lucha” nos da también una lección sobre seguridad en el manejo de sustancias peligrosas al mostrarnos los efectos de una quemadura química. Como se muestra en la escena anterior, en el proceso de saponificación utilizamos una base, hidróxido sódico o potásico, también conocidos como sosa o potasa cáusticas. Las sustancias cáusticas son aquellas que queman los tejidos. Ahora nos dará unos consejos sobre

cómo manipular estas sustancias, con gafas de seguridad y guantes a la vez que nos muestran sus efectos en la mano de uno de sus protagonistas. Por último, nos explicará, que, en caso de que nuestra piel entre en contacto con alguno de estos compuestos, debemos neutralizar la quemadura con vinagre, es decir, con ácido acético que es un ácido débil, y actuará neutralizando la base según la reacción.



Una curiosidad es que en la película se refieren a la base como lejía y es debido a que es el nombre que se le da a estas sustancias en Estados Unidos, a diferencia de Europa que llamamos lejía a una disolución acuosa de hipoclorito sódico.

Tal y como explicaremos en el apartado referido a “Los Simpsons”, podemos obtener la nitroglicerina, $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$, a partir del proceso de fabricación de jabón. Se obtiene mezclando glicerina con ácido nítrico concentrado y ácido sulfúrico. En “El club de la lucha” se centrarán en su uso como explosivo y nos mostraran sus devastadores efectos.

La nitroglicerina fue sintetizada en el año 1846 por el químico italiano Ascanio Sobrero. En 1867, el célebre Alfred Nobel imaginó absorber la nitroglicerina por una materia porosa e inerte como sílice, polvos de ladrillo, arcilla seca, yeso, carbón, etc. que sería el método de obtención casera de la dinamita, del que nos habla Brad Pitt. Sin embargo, la obtención industrial de la dinamita²⁴ se lleva a cabo mezclando nitroglicerina y tierra de diatomeas, que son los fósiles de unas algas unicelulares microscópicas con un alto contenido de dióxido de silicio. Esta última actúa como una especie de esponja, absorbiendo y estabilizando la nitroglicerina, haciendo su uso como explosivo más seguro y práctico. Es una mezcla grisácea y aceitosa al tacto, considerada un explosivo potente, comparado con la pólvora, el fulminato de mercurio y otros explosivos débiles.

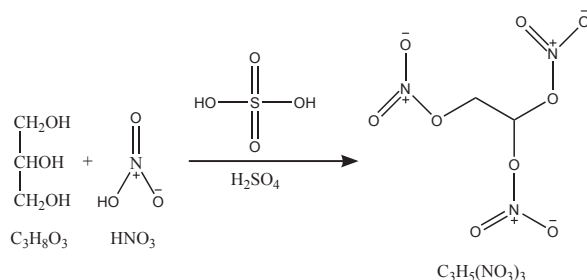
Por su alta estabilidad, la dinamita reemplazó rápidamente a la nitroglicerina en aplicaciones como las demoliciones y la minería, y como relleno explosivo en los proyectiles de artillería y cargas de demolición militares. La dinamita es además químicamente más inerte que la nitroglicerina pura, lo que hace posible su almacenamiento seguro, aunque sólo a medio plazo, ya que con el paso del tiempo y con una temperatura de más de 30 °C la nitroglicerina se escurre del dióxido de silicio y la dinamita “suda” nitroglicerina, y ya vimos lo inestable que es este compuesto.

Gracias a la fortuna que Alfred Nobel amasó con la patente de la dinamita creó el “Premio Nobel”.

“Los Simpson” y la Nitroglicerina

“Los Simpson” es, desde su nacimiento hace ya más de 20 años, una de las series más populares a nivel mundial. Tanta popularidad no sólo es debido a su sarcástica manera de presentar los problemas cotidianos de la vida, sino que también se debe a que es un claro ejemplo de que una serie de televisión puede acercarnos al mundo de la ciencia, hasta tal punto, que la prestigiosa revista científica “Nature” ha publicado un artículo de Al Jean, matemático y productor ejecutivo de la serie, en el que nos muestra algunas de las lecciones que ha impartido la familia Simpson a lo largo de los años.²⁵ En el caso concreto de la Química, mostraremos el ejemplo de la nitroglicerina.

Tal y como hemos visto en el apartado dedicado a “El club de la lucha”, la nitroglicerina,²⁶ $C_3H_5N_3O_9$, se obtiene al hacer reaccionar la glicerina que se obtiene como subproducto en el proceso de obtención de jabón con ácido nítrico en presencia de ácido sulfúrico (Esquema 2).



Esquema 2. Proceso de obtención de la nitroglicerina.

La nitroglicerina es un líquido a temperatura ambiente. El hecho de que sea altamente explosivo complica mucho su manipulación. Ya se han explicado las propiedades explosivas de este compuesto, aunque esta no es su única aplicación ya que, además, es utilizado en medicina, concretamente, para el tratamiento de enfermedades coronarias, como infartos. En el capítulo 8 de la decimonovena temporada de los “Simpson” titulado “Funeral para un enemigo”, se nos presentan ambos usos de la nitroglicerina haciendo especial énfasis en el uso médico ya que es utilizado por el actor secundario Bob para tratar un efecto congénito del corazón.

“House” y la Vicodina

Las series médicas son, junto con las forenses, las que tienen mayores índices de audiencia. Series como “Anatomía de Grey”, “House” o “Urgencias” despiertan gran interés en los jóvenes y nos sirven para introducirles en la química orgánica, haciendo uso de los diferentes fármacos que utilizan en sus tratamientos, así como para justificar la importancia de la química para industria farmacéutica y, en consecuencia, en nuestra vida cotidiana.

De entre todas estas series puede que la más popular sea “House” debido a la peculiar personalidad de su personaje principal, el doctor Gregory House. La trama principal se basa en la vida de House, un genio médico adicto a la vicodina que dirige un equipo de diagnóstico en un hospital de Nueva Jersey.

En la mayoría de capítulos, sobre todo hasta la temporada 6 en la que se somete a un tratamiento de desintoxicación, se hace referencia a la vicodina.²⁷ Podemos utilizar cualquiera de esas escenas en que se nos presenta el fármaco sus usos y efectos secundarios para nuestro taller.

La vicodina^{28,29} es el nombre comercial de la hidrocodona, $C_{18}H_{21}NO_3$, un opioide derivado de la codeína que se usa como analgésico por vía oral. La vicodina es un inhibidor de la tos y agente analgésico para el tratamiento moderado del dolor. Los estudios indican que es más efectiva que la codeína para la supresión de la tos y casi equiparable a la morfina para el alivio contra el dolor.

El principal riesgo de la vicodina es la adicción que produce, por lo que si no es controlada médicamente puede llegar a ser muy adictiva y por tanto necesitar un tratamiento de desintoxicación, tal y como le ocurre al doctor House.

Conclusiones

Los contenidos del cine y la televisión son un buen punto de partida para introducir la Ciencia en el aula. Hay numerosos ejemplos para introducir las Matemáticas, Física y, en este caso concreto, nosotros introducimos la Química. En un artículo futuro introduciremos, del mismo modo, la Cristalografía.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo económico del Ministerio de Ciencia e Innovación Español (MAT2006-01997, MAT2010-15094 y ‘Factoría de Cristalización’ Consolider Ingenio 2010) y los fondos FEDER.

Bibliografía

1. A. C. Rowat, K. A. Hollar, H. A. Stone, D. Rosenberg, *J. Chem. Educ.* **2011**, *88*, 29–33.
2. K. A. Duncan, C. Johnson, K. McElhinny, S. Ng, K. D. Cadwell, G. M. Z. Petersen, A. Johnson, D. Horoszewski, K. Gentry, G. Lisensky, W. C. Crone, *J. Chem. Educ.* **2010**, *87*, 1031–1038.
3. C. B. Frech, B. P. Coppola, H. Harris, C. M. Woodbridge, *J. Chem. Educ.* **2011**, *88*, 851–857.
4. <http://www.jce.divched.org/JCESoft/Programs/index.html>
5. D. Tiaarea, N. C. Thomas, *J. Chem. Educ.* **2010**, *87*, 1056–1059.
6. M. A. Griep, M. L. Mikasen, *J. Chem. Educ.* **2005**, *82*, 1501–1503.
7. A. M. Last, *J. Chem. Educ.* **1992**, *69*, 206–208.
8. L. Diener, *J. Chem. Educ.* **2010**, *87*, 1004–1006.
9. <http://www.yourdiscovery.com/web/mythbusters/>
10. http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2006/Macgee/Web%20Project/main_page.htm
11. http://www.educastur.es/index.php?option=com_content&task=view&id=3150&Itemid=237
12. <http://www.otri.uniovi.es/campuscientificosdeverano/quimica.htm>
13. <http://es.wikipedia.org/wiki/Tetradotoxina>
14. D. F. Hwang, T. Noguchi, *Ad. Food Nutr. Res.* **2007**, *52*, 141–236.
15. <http://es.wikipedia.org/wiki/Lobotom%C3%ADa>
16. F. López-Muñoz, C. Alamo, E. Cuenca, W. W. Shen, P. Clervoy, G. Rubio, *Ann. Clin. Psychiatry.* **2005**, *17*, 113–135.
17. <http://en.wikipedia.org/wiki/Chlorpromazine>
18. http://www.drugs.com/mtm_esp/thorazine.html
19. <http://es.wikipedia.org/wiki/Dopamina>
20. [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido_de_nitr%C3%B3geno_\(I\)](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xido_de_nitr%C3%B3geno_(I))
21. http://www.tuningpedia.org/Oxido_nitroso
22. <http://www.mind-surf.net/drogas/oxidonitroso.htm>
23. <http://es.wikipedia.org/wiki/Saponificaci%C3%B3n>
24. <http://es.wikipedia.org/wiki/Dinamita>
25. M. Hopkin, *Nature* **2007**, *448*, 404–405.
26. <http://es.wikipedia.org/wiki/Nitroglicerina>
27. <http://vicodina.com/>
28. <http://espanol.narconon.org/blog/tag/hidrocodona/>
29. <http://es.wikipedia.org/wiki/Hidrocodona>