¿Existe la metanfetamina azul de *Breaking Bad*?

El protagonista de Breaking Bad seguramente sea uno de los científicos más populares de las series de televisión. Aunque moralmente situado en un territorio ambiguo (que a medida que avanza la serie va convirtiéndose en oscuro), Walter White es, desde el principio hasta el final de la serie, un científico experto en su campo, la química, que se siente agraviado por la falta de reconocimiento de la sociedad que le rodea. En el mundo de Walter White, y también en el mundo real, a menudo los científicos no tienen la consideración que merecen. Esta falta de atención forma parte del origen del personaje y del detonante de la historia. En el primer episodio podemos ver, en la escena de la rutina matinal que presenta al personaje en su cotidianidad, que tiene una placa colgada en la pared. La placa es un reconocimiento a su trabajo como líder de un proyecto en cristalografía que, según se puede leer (la muestran muy brevemente), fue una contribución fundamental para una investigación premiada con

un Nobel en 1985. No se conocen más detalles de ese pasado del personaje, pero no es realmente necesario. Lo relevante es que esa placa es todo lo que ha recibido por sus esfuerzos, y a partir de aquí se explica el personaje. Lo que vemos a continuación es un científico que, a pesar de ser claramente brillante, tiene que aguantar el desinterés y la humillación de sus alumnos adolescentes como profesor de química en un instituto. Y también tiene que ver cómo, mientras él no es reconocido de ninguna manera, un individuo bocazas y no demasiado inteligente como Hank, su cuñado, recibe aplausos y vítores por salir un momento en televisión al haber atrapado a cuatro traficantes de poca monta. Este agravio generado por la falta de reconocimiento como científico no le va a abandonar durante toda la serie. Incluso cuando su existencia ha cambiado por completo, seguirá formando parte del motivo que quía al personaje y es esencial para entenderlo. También el conocimiento científico formará parte de la serie hasta su último episodio, pues aunque se convierta en traficante, Walter White no deja de ser nunca un científico: resolverá las muchas dificultades que se le presenten utilizando la ciencia y no perderá la oportunidad para explicar (el espíritu divulgador del personaje es encomiable) a la audiencia lo que está haciendo.

El personaje que representa a la audiencia es Jesse, que es quien recibe las pacientes explicaciones de Walter White. La figura de Jesse es clave, porque sitúa en un plano superior a Walter White (al fin y al cabo, él es quién posee el conocimiento que les permite triunfar a ambos en el competitivo mercado del tráfico de droga) y subraya así el talento de este. El reconocimiento de su talento está ligado, como decíamos, al agravio que siente el personaje, que encuentra en Jesse alguien que le valora y le escucha. Las lecciones de Walter White sirven a la serie para explicar la ciencia que pone en pantalla, y a lo largo de este capítulo analizaremos varias escenas en las que la ciencia es la protagonista, y también para poner sentido del humor a través de la dinámica que se crea entre los dos personajes, pues Jesse a menudo no entiende nada, o lo justo, de lo que le explica su socio. Sin embargo, suelta un «It's science, bitch!», una frase recurrente de la serie que recuerda al espectador constantemente que es

la ciencia lo que lleva a Walter White a conseguir sus propósitos. Y aunque a menudo el profesor se desespera con el alumno, Jesse no debe ser tan obtuso ni Walter White tan mal profesor cuando al final acaba adquiriendo conocimientos suficientes para replicar, acercándose bastante, los resultados del maestro: la famosa metanfetamina de color azul, que es un motivo de orgullo para Walter White como químico y que ha hecho que, en el mundo real, haya fabricantes que añadan ahora colorante azul a raíz de la popularidad de la serie.

¿Existe la metanfetamina de color azul?

Si hay un elemento constantemente presente a lo largo de la serie, este es la metanfetamina, a la que a menudo los personajes se refieren simplemente como meta o cristal. Su fórmula $(C_{10}H_{15}N)$ y su masa molecular (149,24) componen la primera imagen de los títulos de crédito, antes incluso de que aparezca el propio nombre de la serie sobre un fondo con parte de la tabla periódica. Sus orígenes se remontan a la Antigüedad. Desde hace más de 5000 años, la medicina tradicional china viene usando un extracto de efedra, un arbusto que crece en climas secos, para el tratamiento del asma, la bronquitis y otros problemas que afectan a la respiración. En 1885, el físicoquímico japonés Nagai Nagayoshi aisló la efedrina, el principio activo

de la efedra, y a partir de ella, en 1887, el químico rumano Lazar Edeleanu sintetizó por vez primera la anfetamina. Poco tiempo más tarde, en 1893, Nagai obtuvo metanfetamina por reducción de la efedrina, y en 1919, el químico japonés Akira Ogata sintetizó metanfetamina cristalizada. Sin embargo, estos descubrimientos no tuvieron repercusión pública hasta que en 1932 la empresa farmacéutica Smith, Kline and French comercializó inhaladores (y poco más tarde tabletas) de anfetamina con el nombre comercial de Benzedrina para aliviar la congestión nasal. Este producto y los que le siguieron eran considerados inocuos, por lo que podían obtenerse sin receta en las farmacias. La metanfetamina llegó a adquirir

un estatus de droga milagrosa. En pocos años se recomendaba para más de 30 problemas: narcolepsia, epilepsia, fatiga, depresión, esquizofrenia, alcoholismo, adicciones, enuresis, mareos, dismenorrea, cólicos, obesidad, hiperactividad, etc. Inicialmente se consideraba una droga segura que podía ser fumada, inhalada o inyectada. Sin embargo, era altamente adictiva, lo que condujo a un abuso de ella.

Durante la década de 1930 se descubrieron los efectos psicoestimulantes de la metanfetamina, que producen una sensación de gran euforia debido a que aumenta la liberación de dopamina, un neurotransmisor que interviene en los mecanismos de recompensa y motivación, lo que facilita la adicción a la sustancia. La metanfetamina permite un ritmo elevado de trabajo y una gran capacidad de concentración, reduce la fatiga y el apetito, y el ritmo cardiaco se vuelve más rápido e irregular. Si se consume habitualmente pueden producirse cambios irreversibles en el cerebro, psicosis, déficits cognitivos y alteraciones del comportamiento. La Segunda Guerra Mundial llegó cuando se conocían ya los efectos positivos de las anfetaminas (aumento del rendimiento físico y mental, resistencia al cansancio), pero aún no se habían comprobado suficientemente sus posibles efectos negativos. O tal vez a los militares algunos de estos efectos les parecían útiles, como la violencia gratuita, la ignorancia del peligro o los ánimos desmedidos. Así, se distribuyeron cientos de millones de «píldoras milagrosas» entre los soldados para mantenerlos eufóricos y agresivos, y para «elevar la moral del ejército». Las tropas nazis usaban una metanfetamina denominada Pervitin, y los estadounidenses y británicos la anfetamina Benzedrine. A los pilotos kamikaze japoneses se les suministraban grandes dosis de metanfetamina para que llevaran a cabo sus ataques suicidas. Una consecuencia del consumo masivo de anfetaminas por parte de los soldados fue que las décadas posteriores vieron un crecimiento

acelerado del uso de estas drogas, al tiempo que los gobiernos tomaban conciencia de sus devastadores efectos en la sociedad. En 1970, el gobierno de los Estados Unidos las declaró ilegales, pero a pesar de ello la metanfetamina continuó siendo muy usada. En 1996 se promulgó un decreto para regular el acceso a los ingredientes básicos usados para su fabricación, como la efedrina y la pseudoefedrina, y se aumentaron las penas por posesión, distribución y producción de la droga.

Los procesos necesarios para la obtención de metanfetaminas son conocidos desde hace más de un siglo, por lo que un químico como Walter White puede reproducirlos siempre que tenga acceso a los componentes necesarios, disponga del equipamiento adecuado, adopte todas las precauciones y trabaje con rigurosidad, puesto que cualquier pequeño error puede resultar fatal. En la serie, Walter empieza utilizando un procedimiento estándar y más tarde se vale de otro que le permite obtener la «meta azul». El primer método es conocido también como «ruta Nagai», tomando el nombre de Nagai Nagayoshi, que ya hemos mencionado. Las sustancias básicas necesarias para este proceso son la pseudoefedrina, el yodo y el fósforo rojo. La pseudoefedrina es un diastereoisómero de la efedrina, se encuentra en las plantas de efedra y se utiliza comercialmente para el tratamiento de la congestión nasal. En el primer episodio de la serie,

Walter la obtiene del medicamento Sudafed, aunque se encuentra también en otros muchos. La extracción suele producirse mediante molido, mezcla con diversos productos, filtrado y evaporación. El producto resultante se trata con yodo y fósforo rojo, lo que arranca un grupo alcohol de la pseudoefedrina y favorece su transformación en metanfetamina. Las restricciones de acceso a los medicamentos con pseudoefedrina dificultan la obtención de importantes cantidades de esta, lo que es un problema de este método. Por ello, en el séptimo episodio de la primera temporada Walter cambia a otro método que debe permitirle obtener metanfetamina en mayores cantidades, el método P2P.

Este proceso sintetiza la metanfetamina mediante la reacción de la fenilacetona (fenil-2propanona, abreviado a P2P por el nombre en inglés: phenyl-2propanone) con la metilamina (un gas que huele a amoniaco). La fenilacetona es difícil de encontrar fuera de los laboratorios de investigación, pero puede obtenerse por diversos métodos a partir del ácido fenilacético. En cuanto al otro componente necesario, la metilamina, también es posible obtenerlo a partir de otros, pero en la serie optan por robarlo. De hecho, el robo de metilamina proporciona a la serie una excusa para articular dos de sus mejores secuencias. Una de las características de Breaking Bad es la meticulosidad y el detalle con que narra procesos que en otras ficciones serían explicados de manera más breve. En cambio, ambos hurtos son planificados a conciencia por los protagonistas, dando lugar a escenas en las que todo tiene que salir bien, manteniendo en tensión al espectador. En el séptimo episodio de la primera temporada roban por primera vez un barril de metilamina de un almacén, pero el robo más recordado seguramente es el del quinto episodio de la quinta temporada, que es un asalto a un tren que recuerda a un wéstern (un género que es una influencia recurrente de Breaking Bad). Otros productos necesarios para este método son el aluminio y el cloruro de mercurio. Aparentemente, con este sistema Walter White consigue producir una metanfetamina de gran calidad y con un llamativo color azul que la distingue y que sorprende a Tuco, a quien tienen que entregar la droga. Decimos «aparentemente» porque en este punto la serie abandona la realidad científica que había mantenido hasta ahora. Para explicarlo, debemos definir un concepto: la quiralidad.

Las moléculas orgánicas están formadas por cierto número de átomos de los que hay siempre uno o varios de carbono acompañados de otros, a menudo hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre u otros. Los átomos se unen unos a otros según ciertas reglas (la valencia de cada tipo de átomo determina a

CUADERNOS 49 LA CIENCIA EN LAS SERIES DE TELEVISIÓN.

cuántos otros está conectado) formando estructuras que les confieren sus propiedades químicas. El tipo y el número de átomos que forman una molécula se expresa mediante la denominada fórmula molecular. Por ejemplo, la de la metanfetamina es $C_{10}H_{15}N$, lo que indica que está formada por 10 átomos de carbono, 15 de hidrógeno y 1 de nitrógeno. Sin embargo, en algunos casos un mismo compuesto puede existir en dos configuraciones simétricas, quirales (como vistas a través de un espejo), y entonces decimos que son enantiómeros, también llamados isómeros ópticos, y los distinguimos prefijando el nombre con una S (del latín sinister, izquierdo) o una R (del latín rectus, derecho). Ambas versiones tienen las mismas propiedades físicas (excepto la interacción con la luz polarizada) y generalmente las mismas propiedades químicas (excepto cuando reaccionan con otras moléculas quirales). En el segundo episodio de la primera temporada Walter lo explica de esta manera: «Así como la mano izquierda y la mano derecha son imágenes simétricas una de otra, así dos compuestos orgánicos existen como formas especulares uno del otro».

Sin embargo, la similitud entre ambos enantiómeros no es completa, y ello afecta de manera importante a sus efectos en el organismo. Mientras uno es un potente estimulante, fuertemente adictivo y con graves efectos a largo plazo, el otro es un descongestivo nasal que constituye el ingrediente activo de los inhaladores Vicks. Así pues, la pureza del producto resultante con el método P2P es tan solo del 50%, y si queremos obtener una metanfetamina pura debemos eliminar el segundo enantiómero mediante un proceso lento y costoso. Podemos suponer que Walter White descubrió la manera de obtener fácilmente un producto puro, que en principio sería de color blanco. Sin embargo, desde el punto de vista de la historia, el hecho de que la metanfetamina que fabrica Walter White se pueda identificar a simple vista es algo imprescindible. De aquí que se opte por darle un color único que recalque la excepcionalidad del producto que ha logrado Walter White, puesto que no hay otra metanfetamina igual, lo que es fundamental para establecer el valor que tiene el personaje para los traficantes: todos le quieren a él para que fabrique esa «meta azul» y por ello le consideran necesario. El nombre de «meta azul» también sirve para identificar la droga de Walter White en la calle, entre los compradores, y hacer que la leyenda de su fabricante crezca. Pero todo esto ya no tiene nada que ver con la ciencia.

¿Se podría llevar a cabo el atraco del tren?

Quedémonos un momento con la escena del tren y así descubriremos

más características de la metilamina. En el episodio, recordémoslo brevemente, Walter White recibe la información de que un cargamento de metilamina circulará en ferrocarril desde Long Beach a Texas a través de Nuevo México. El trayecto pasa por una extensa zona desértica en la que no es posible ningún tipo de comunicaciones. La idea de Walter es disponer un camión aparentemente averiado atravesado sobre la vía para obligar al tren a detenerse. El lugar elegido se halla junto a un puente que dificulta la visibilidad, de modo que Walter y los suyos pueden trabajar sin ser vistos. Allí han dispuesto unos depósitos de 1000 galones (un galón estadounidense equivale a 3,78541178 litros). Uno de ellos, vacío, está destinado a contener la metilamina que extraerán del vagón, y el otro está lleno de agua. El propósito de este último es sustituir la metilamina robada, para que la compañía del ferrocarril no detecte la diferencia de peso entre la salida y la llegada del convoy.

La metilamina (CH₃NH₂) puede presentarse en forma de gas o diluida (en agua, en metanol, etc.). En una escena que solo aparece en la versión en Blu-ray, Walter especifica que la metilamina en el ferrocarril estaba diluida en agua al 40% (lo que suele ser bastante habitual). Con esta dilución, su densidad es de aproximadamente 890 kg/m³, y como 1000 galones

equivalen a $1000 \times 3,78541178 \approx 3785$ litros = 3,785 m³, el peso de la metilamina extraída es de $3,785 \times 890 \approx 3369$ kg. Si queremos compensar este peso con el equivalente en agua deberemos introducir los mismos 3369 kg de agua, y dado que la densidad del agua a unos 25 °C es de 0,997, ello equivale a 3369/0,997 = 3379 litros, o lo que es lo mismo, $3379/3,78541178 \approx 893$ galones.

¿En cuánto ha variado la concentración de metilamina? Al principio el tanque contenía 24.000 galones, de los cuales el 40% correspondían a la metilamina y el resto al agua. Tras extraer 1000 galones de dilución y sustituirlos por agua quedaron 23.000 galones de la dilución original y otros 1000 galones de agua, y por tanto la concentración de metilamina será $de(23.000 \times 0.4) / 24.000 = 0.383.$ Es decir, la cantidad de metilamina final respecto a la que había originalmente es 0,383 / 0,40 = 95,75%. Es factible pensar que la empresa pueda atribuir la diferencia a que el fabricante ha reducido algo el grado de dilución.

De todas maneras, los cálculos anteriores se ajustarían a la realidad si los trabajos se pudieran realizar en condiciones de laboratorio, pero como vemos en el episodio, ello dista mucho de ser así. Los problemas que hay que tener en cuenta son de distintos tipos. El primero es la cantidad de líquidos

(metilamina diluida y aqua) que quedan en las tuberías, o que se pierden al conectarlas y desconectarlas. El segundo es consecuencia de la necesidad de reducir el tiempo total de la operación, para lo que se empieza a introducir el agua por la parte superior del tanque sin esperar a que haya terminado de recogerse la metilamina, lo que puede provocar que parte del agua introducida vuelva a salir por el fondo. Todo ello genera dos tipos de alteraciones que se suman a las previstas, aumentando así la probabilidad de ser detectadas cuando al final del trayecto la compañía haga las comprobaciones reglamentarias. Sin embargo, el riesgo es algo que debe ser aceptado en este tipo de operaciones, por lo que en conjunto el procedimiento técnico resulta realista.

¿Se puede eliminar un cadáver en una bañera?

Como químico metido en un mundo criminal, Walter White a menudo recurre a sus conocimientos de un campo para resolver problemas del otro. Una de las escenas más sorprendentes de la primera temporada de la serie es la de la bañera, cuando los protagonistas de *Breaking Bad* se deshacen del cadáver del traficante Emilio mediante su disolución en ácido fluorhídrico, una solución de fluoruro de hidrógeno en agua. El ácido fluorhídrico fue descubierto en 1771

por el químico sueco Carl Scheele. Es un producto muy peligroso, que penetra las capas exteriores de la piel de manera que las quemaduras pueden ser inicialmente indoloras y mientras tanto el ácido ataca a los músculos y los huesos. Si la exposición afecta al 10% de la superficie corporal, el resultado puede ser la muerte. Además, el ácido fluorhídrico interfiere con el metabolismo corporal del calcio, lo que afecta a todos los órganos y puede causar edemas pulmonares y arritmias cardiacas. En forma gaseosa puede dañar permanentemente las córneas de los ojos. Es altamente corrosivo, por lo que debe ser almacenado en recipientes de plástico, no de metal ni de vidrio (precisamente el grabado del vidrio se realiza recubriéndolo con cera, quitando esta de las áreas que se quiere grabar y tratando el objeto con ácido fluorhídrico que ataca las partes descubiertas). Jesse no sigue las instrucciones de Walter y en lugar de usar un contenedor de plástico pone el cadáver en una bañera. obteniendo el enfado de Walter White, que le dice que tenía que ser «en ese estúpido contenedor de plástico que te pedí que compraras. El ácido fluorhídrico no disuelve el plástico. Sin embargo, disuelve metal, piedra, cristal, cerámica...». Efectivamente, la bañera se disuelve por el ácido, provocando que los restos de cadáver, bañera y suelo caigan al piso inferior dejando un aquiero en el suelo.

¿Cómo puede ser que un producto que es capaz de destruir un cuerpo humano e incluso una bañera no pueda disolver el plástico? Empecemos definiendo los conceptos de ácido y base. Un ácido es una sustancia que cede protones (H⁺, átomos de hidrógeno cargados positivamente) y una base es una sustancia que acepta protones. Un ácido y una base pueden reaccionar entre sí neutralizando sus propiedades y produciendo una sal. Un ejemplo simple es la combinación del ácido clorhídrico (HCl) con el hidróxido de sodio (NaOH), que produce la sal común (NaCl) y agua (H2O) según la reacción HCl + NaOH → NaCl + H₂O. Los ácidos pueden ser fuertes o débiles según si ceden fácilmente sus protones o lo hacen solo en parte, y en este sentido el ácido fluorhídrico es considerado relativamente débil. En el programa de televisión Mythbusters pusieron a prueba la eficacia del ácido fluorhídrico para la destrucción completa de un cadáver. En una sala del laboratorio de química de la Universidad de California en Berkeley dispusieron diversos materiales semejantes a los que aparecían en la escena de la serie, incluido un cerdo en el papel de Emilio. Tras 8 horas sumergidas en ácido hidrofluórico, ninguna de las muestras quedó completamente descompuesta (a excepción tal vez del cerdo, aunque con el triple del ácido utilizado en la serie), por lo que se concluyó que lo que se

mostraba en el episodio no se ajustaba suficientemente a la realidad. Sin embargo, eso no impidió a los creadores seguir utilizando este método a lo largo de la serie para que los protagonistas hicieran desaparecer cadáveres. Así acabaron (vienen *spoilers*) Victor, Drew y Mike.

¿Son realistas los explosivos que usa Walter White?

Otro recurso que utiliza Walter White es el fulminato de mercurio. En el sexto episodio de la primera temporada, ante las amenazas de Tuco Salamanca, Walter lanza violentamente un pequeño cristal que explota haciendo estallar todas las ventanas del apartamento. ¿Puede un pequeño cristal causar este efecto? El cristal en cuestión era fulminato de mercurio: Hg(CNO)₂. Como su fórmula indica, está compuesto de mercurio (Hg), carbono (C), nitrógeno (N) y oxígeno (O). Es relativamente fácil de sintetizar, disolviendo mercurio en ácido nítrico y añadiendo etanol a la solución. Suele presentarse en pequeños cristales, como el que utiliza Walter. Es muy inestable, lo que le hace difícil de manejar, y puede explotar si se le somete a fricción, calor, electricidad o presión. Por ello está considerado como un explosivo primario. La escena en la que Walter White usa este explosivo tiene un problema parecido al del cadáver en la bañera: el efecto que muestra se ajusta a la realidad, pero

seguramente necesitaría una cantidad mucho mayor para que sucediera tal como ocurre en la serie. Además, con esta carga explosiva probablemente ni Walter ni los que con él estaban habrían sobrevivido, en especial teniendo en cuenta que Walter tenía en la mano una gran cantidad de fulminato que seguramente habría explotado causando un daño aún mayor. Asimismo, la detonación produciría una lluvia de polvo de mercurio metálico que cubriría gran parte de la superficie de la habitación. Cualquier objeto que no fuera de hierro o acero absorbería el mercurio y se rompería en pocos días. Los vapores de mercurio resultantes harían el lugar inhabitable por mucho tiempo.

Otro explosivo que utiliza Walter White es la termita, que usa para destruir el candado de un almacén (precisamente para robar el barril de metilamina que mencionábamos antes). La termita es una mezcla polvorienta de aluminio y el óxido de un metal como el hierro. Cuando se enciende genera una enorme cantidad de calor como resultado de la combinación química del aluminio con el oxígeno del óxido. La temperatura de la reacción es de alrededor de 2400 °C. La reacción es $2AI + Fe_2O_3 \rightarrow AI_2O_3 + 2Fe$. Fue descubierta por el químico alemán Hans Goldschmidt en 1895 y se usa en bombas incendiarias, y para el trabajo del hierro y el acero en las fundiciones. Para obtener el polvo de aluminio que necesita para producir la termita, Walter se vale de diversos juguetes tipo *Telesketch* (esas tablillas con una pantalla y dos botones rotatorios que permiten hacer dibujos). La cara interior del vidrio de la pantalla está cubierta de polvo de aluminio, así que esta escena es creíble desde un punto de vista científico.

¿Es tan fácil envenenar con ricina como aparece en la serie?

Como sucede con los explosivos, Walter White echa mano de sus conocimientos científicos para hacer lo que otros criminales resolverían con una pistola. Así, los venenos forman parte de sus recursos. En concreto, utiliza ricina varias veces durante la serie, pero seguramente la más impactante es la que tiene como víctima (cuidado, que vienen spoilers) a Brock. Matar a un niño es una línea roja para el personaje que marca la etapa final de su arco de transformación. La ricina es un veneno que se encuentra de forma natural en las semillas de ricino (Ricinus communis). Descubrimientos arqueológicos muestran que esta planta se conoce desde tiempos prehistóricos y que era utilizada con fines médicos desde el antiguo Egipto, hasta el punto de que en un tratado médico anterior al 1500 a. e. c. (el papiro Ebers, del año 8.º del reinado de Amenhotep I) se dedica un capítulo entero al aceite de ricino, al que se atribuyen propiedades abortivas, laxantes e

incluso contra la calvicie. De esta planta se extrae el aceite de ricino, un producto que tiene propiedades medicinales (principalmente como purgante) y se usa también para la fabricación de cosméticos, plásticos, lubricantes y pinturas, entre otros. Aunque el aceite de ricino ha sido utilizado durante milenios, la ricina no fue descubierta hasta 1888 por el químico Peter Hermann Stillmark cuando realizó su tesis doctoral en la Universidad de Dorpat (actualmente Tartu, en Estonia). Es una de las sustancias más tóxicas conocidas. La ricina purificada se presenta como un polvo blanco soluble.

En caso de ser ingerida, sus primeros efectos son diarrea y vómitos que producen una fuerte deshidratación y un descenso de la presión sanguínea. Y puede derivar en convulsiones y cese del funcionamiento del hígado, el bazo y el riñón, y la persona puede morir. La ricina es todavía más peligrosa (unas 900 veces) si es inhalada, en cuyo caso los síntomas más probables son dificultad para respirar, fiebre, tos, náuseas y rigidez en el pecho. Se puede producir edema pulmonar y fallo respiratorio que produzca la muerte. Incluso pequeñas dosis pueden resultar mortales, ya que la ricina inhibe la síntesis de proteínas y provoca la apoptosis de las células (una forma de muerte celular programada). La muerte puede producirse entre 36 y 72 horas tras la ingestión o inhalación. No existe ningún antídoto contra ella, y

únicamente si ha transcurrido menos de 1 hora desde la ingestión puede intentarse un lavado de estómago o el uso de carbón activado para absorber el veneno del tracto gastrointestinal. Debido a sus características, la ricina constituye una posible arma biológica, fácil de preparar y de efectos mortales. De hecho, ya fue experimentada por varios países durante las dos guerras mundiales y continuó investigándose posteriormente. En 1978, Georgy Markov, un exiliado búlgaro que vivía en Londres, fue asesinado mediante un pinchazo en la pierna hecho con la punta de un paraguas que contenía una minúscula cápsula con ricina, que le provocó la muerte en 3 días.

¿Es posible la manera de morir de Gus Fring?

Es uno de los momentos icónicos de la serie. Héctor empieza a hacer sonar su timbre, Gus se da cuenta de lo que ocurre y grita, pero es tarde. Se produce una explosión que vemos desde el exterior y, segundos después, Gus sale de ella andando y ajustándose la americana. Creemos que ha podido sobrevivir de alguna manera. Entonces la cara se acerca y le vemos el rostro, desfigurado, y que le faltan parte de la mandíbula y un ojo. Se desploma. Vamos a considerar esta escena desde un punto de vista científico, en concreto del mecanismo de «lucha o huida» descrito en 1915 por el fisiólogo norteamericano Walter Bradford

CUADERNOS 49 LA CIENCIA EN LAS SERIES DE TELEVISIÓN.

Cannon. Se trata de una reacción fisiológica que se produce de modo automático cuando un animal, incluidos los humanos, detecta un peligro o se siente amenazado, y que prepara al organismo para responder a la amenaza, ya sea combatiéndola o huyendo de ella. En el caso de los humanos, el mecanismo es esquemáticamente el siguiente. Al detectar el peligro, el hipotálamo (una pequeña parte del cerebro, encargada del equilibrio hormonal del cuerpo) activa dos sistemas: el sistema nervioso simpático y la corteza suprarrenal. Cada uno de ellos utiliza un camino específico para iniciar reacciones en el cuerpo: el sistema nervioso simpático utiliza las vías nerviosas, mientras que la corteza suprarrenal se vale del torrente sanguíneo. La activación del sistema nervioso simpático en general tiene el efecto de poner en alerta el cuerpo, acelerándolo y tensándolo. Para ello, envía impulsos a las glándulas y a la musculatura lisa, y hace que la médula suprarrenal libere en el torrente sanguíneo adrenalina y noradrenalina, dos hormonas que aceleran el rimo cardiaco y la presión sanguínea, y que pertenecen a un grupo de compuestos conocidos como catecolaminas. Al mismo tiempo, el hipotálamo libera el factor de liberación de corticotropina en la glándula pituitaria, activando el sistema córtico-suprarrenal. La glándula pituitaria secreta la hormona adrenocorticotropa, que a través del torrente sanguíneo llega

a la corteza suprarrenal, donde activa la liberación de unas 30 hormonas diferentes para preparar al cuerpo a enfrentarse con la amenaza.

Todo ello genera importantes cambios en el organismo: aumento del ritmo cardiaco y de la presión sanguínea, elevación de la glucosa en sangre, relajación de los músculos lisos para permitir más oxígeno en los pulmones, constricción de las venas más exteriores para favorecer el riego de los músculos principales, dilatación de las pupilas, desactivación de la digestión para favorecer las funciones de emergencia, y centrado de la actividad cerebral en la amenaza. En el caso de Gus, la explosión provoca la activación del mecanismo de huida o lucha (en este caso, huida). Casi instantáneamente su organismo empieza a activar y consumir todos sus recursos con el fin de escapar, mostrando una aparente normalidad. Durante unos instantes consique mantenerse en pie e incluso avanza unos pasos, hasta que los recursos disponibles se agotan y Gus cae inerte. Esto es coherente con la experiencia que tenemos en conflictos bélicos. Soldados que en el campo de batalla han visto morir a compañeros en situaciones parecidas refieren que en los primeros momentos los accidentados no son conscientes del daño que han sufrido e intentan continuar de un modo automático como si nada hubiera pasado. Algunos que han perdido parte de la

cabeza hablan unos instantes como si nada hubiera pasado hasta que otro soldado les advierte de su lesión. Otros intentan caminar, pero caen porque les falta una pierna, o se quejan de que algo les está frenando, sin darse cuenta de que lo que les detiene son sus intestinos que están colgando fuera de la cavidad abdominal. Normalmente estas reacciones instintivas acaban cuando el organismo agota los recursos de emergencia y entonces el afectado pierde el conocimiento o muere. Este es un comportamiento similar al de Gus, por lo que podemos decir que su muerte es razonablemente realista.

¿Por qué Walter usa el *alter ego* de Heisenberg?

Cuando Walter White escoge un alias para sus actividades en el mundo de la droga se decide por «Heisenberg». ¿Por qué utilizar el apellido del físico teórico alemán Werner Heisenberg (1901-1976), que fue Premio Nobel de Física en 1932 por la creación de la mecánica cuántica? En la serie, Walter White participó en trabajos de investigación que ayudaron a un equipo de científicos a ganar un premio Nobel, como ya hemos mencionado. Esto podría llevar a los quionistas a pensar en Heisenberg, pero hay otras razones más significativas en la biografía del físico alemán. Y es que, por un lado, Heisenberg es conocido por sus méritos como científico: vio que el modelo de estructura del átomo de

¿Existe la metanfetamina azul de Breaking Bad?

Bohr solo era válido para átomos muy simples y decidió mejorarlo. Sus trabajos, junto con los de otros grandes científicos como Max Planck, Erwin Schrödinger v Paul Dirac, condujeron al nacimiento de la mecánica cuántica que cambió nuestras ideas sobre la naturaleza de la realidad a escalas atómica y subatómica. Su trabajo le valió el Premio Nobel de Física de 1932. Pero por otro lado también es conocido por su relación con el régimen nazi, que en 1939 le llamó a participar en el programa nuclear alemán que pretendía crear una bomba atómica. No está claro su grado de participación. Sin embargo, en 1941 acudió a Copenhague, entonces ocupada por los nazis, donde tuvo una larga conversación con Bohr, tras la cual este manifestó que la amistad entre ellos había terminado para siempre. Al final de la guerra, Bohr fue encarcelado en Gran Bretaña durante 6 meses. Falleció en 1976 en Múnich, por un cáncer de riñón.

Podemos ahora responder a la pregunta inicial: ¿por qué los guionistas usan el nombre de Heisenberg? La vida del físico alemán estuvo repleta de grandes éxitos, pero a la vez incluyó épocas muy oscuras, lo que nos hace dudar de cuál es el auténtico Heisenberg. Del mismo modo, en la serie encontramos un Walter que empieza como una buena persona, un profesor de química amante de su familia, y va transformándose en un señor de la droga que no se detiene ante nada. ¿Cuál es el auténtico Walter? Esta pregunta, válida para ambos personajes, se puede unir con una escena del primer episodio de la serie, volviendo a la idea del Walter White profesor que mencionábamos al principio, en la que está en clase con sus alumnos del instituto e intenta llamar su atención de un modo que les resulte atractivo y estimule su curiosidad. Para ello, dispone sobre la mesa un mechero Bunsen y tres pulverizadores (de los que utiliza

solo dos) con distintos líquidos.
Enciende el mechero y luego rocía la llama alternativamente con uno y otro aerosol, haciendo que el color de la llama oscile entre el verde y el rojo. Aunque Walter no consigue su propósito de atraer la atención de sus alumnos, lo que pretendía era explicarles un fenómeno fisicoquímico que resulta útil para la identificación de ciertos productos, incluso cuando se presentan en pequeñas cantidades mezclados con otros.

Como sabemos, las moléculas de cualquier sustancia son combinaciones de átomos de diversos elementos químicos, y estos están formados por un núcleo con protones y neutrones más cierto número de electrones distribuidos en distintas capas de energía. En condiciones normales, los electrones tienden a ocupar el nivel energético más bajo disponible, pero reacciones químicas o influencias externas pueden

CUADERNOS 49 LA CIENCIA EN LAS SERIES DE TELEVISIÓN.

aumentar temporalmente este nivel. Así, si preparamos una solución de sales de metal y la sometemos a una llama, el repentino calor provocará la excitación de los electrones, que aumentarán temporalmente su nivel energético inicial para luego retornar a él mediante la liberación de energía en forma de fotones. La frecuencia de estos fotones está exactamente determinada por el salto de energía, lo que hace que pueda identificarse cada metal por el color de la luz producida. Ello nos permite suponer que Walter utilizó cloruro o carbonato de litio para el color rojo, y sulfato de cobre para el verde.

En la pizarra detrás de Walter se pueden ver las fórmulas relacionadas con el experimento:

 v = c / λ: la frecuencia de la luz emitida medida en hercios (Hz) es igual a la velocidad de la luz (299.792.458 m/s) dividida por la longitud de onda en nanómetros (nm). Esta frecuencia es la que determina el color que adquirirá la llama. El espectro visible alcanza desde los 380 nm (violeta) hasta los 740 nm (rojo).

- E = h·v: la energía del fotón es igual a la constante de Planck (6,62607015 × 10⁻³⁴ J·s) multiplicada por la frecuencia en hercios (Hz). Es decir, la energía del fotón emitido es proporcional a su frecuencia.
- λ = h/m·v: la longitud de onda en nanómetros es igual a la constante de Planck dividida por el producto de la masa de la partícula y su velocidad (el momento). Esta fórmula fue propuesta en 1924 por el físico francés Louis de Broglie y expresa la dualidad onda-partícula (un electrón es a la vez una partícula y una onda).

Mediante este experimento, los creadores de la serie pueden hacer que Walter White se dirija a los espectadores (ocupando el lugar de los alumnos) para explicarles el eje central de la serie: qué es la transformación. «¿Qué es la química? Técnicamente la química es el estudio de la materia, pero yo prefiero pensar en ella como el estudio del cambio», dice antes de empezar a usar los distintos pulverizadores que tiene sobre la mesa. El cambio del personaje es lo que vamos a ver a lo largo de la serie y el motivo de ser de Breaking Bad. De este Walter White dudoso, al que sus alumnos ignoran, al Heisenberg lleno de seguridad y que provoca temor entre quienes le rodean. Del padre de familia, al señor de la droga. No son dos individuos separados. Son el mismo. En condiciones normales, este personaje tiende a ser Walter White, pero reacciones químicas o influencias externas (la falta de reconocimiento, el cáncer) pueden transformarle y convertirle en Heisenberg.