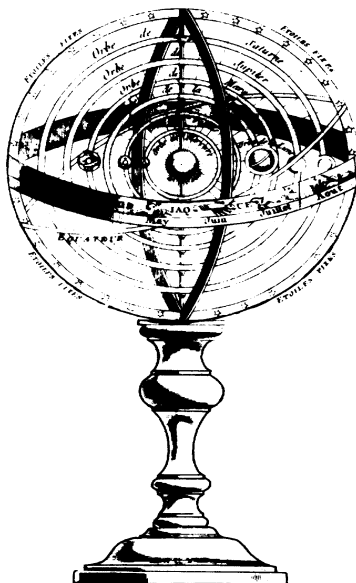


INNOVACIONES DIDÁCTICAS



DE DÍA TODOS LOS TOROS SON NEGROS: UN TRABAJO DE INVESTIGACIÓN CON NITRATO DE PLATA PARA SECUNDARIA

FRANCO MARISCAL, ANTONIO JOAQUÍN

I.E.S. Caepionis. Chipiona (Cádiz).

antoniojoaquin.franco@uca.es

Resumen. Se presenta un trabajo práctico para secundaria innovador en el estudio de la reacción fotosensible $\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}$ a través de tres experiencias con nitrato de plata, pero con diferente velocidad de reacción. En el trabajo también se realiza una investigación sobre las ideas que tienen los estudiantes acerca de las reacciones químicas en general, y de las reacciones fotoquímicas, en particular. Por último, se tratan las implicaciones educativas de esta investigación.

Palabras clave. Física y Química, secundaria, investigación, trabajo práctico, fotosensibilidad, nitrato de plata, velocidad de reacción.

During daylight all the bulls are black: research with silver nitrate in secondary education

Summary. We present in this paper a practical study in chemistry at secondary education level. It is an innovative task in the study of the photosensitive reaction $\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}$. This experience presents three light sensitive reactions based on silver nitrate, but they have a different rate reaction. Moreover, this work researches the students' ideas about chemical reactions in general, and photosensitive reactions in particular. Finally, this paper is about the educational implications of this research.

Keywords. Physic and chemistry, secondary education, investigation, practical work, light sensitive, silver nitrate, rate reaction.

* Las figuras que contiene este artículo pueden visualizarse en color en la página web: <<http://ensciencias.uab.es>>.

INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de las reacciones químicas que aparecen en los manuales de laboratorio de Física y Química (Álvarez et al., 1993; Alonso, 1996; Brescia, 1979; Cuello, 1990; Grup Martí, 1988; Raga, 1999; Seba, 1988; Sienko, 1988; Tellado, 1993) y las que muchos/as profesores/as llevan a la práctica en un laboratorio escolar suponen utilizar varios reactivos químicos que una vez combinados originan uno o más productos. En ocasiones, el docente no recalca suficientemente a los estudiantes que ciertos procesos permiten obtener nuevas sustancias sin necesidad de mezclar reactivos, casos de la descomposición de sustancias por medio de procesos que implican el calor, la electricidad o la luz solar. Las dos primeras descomposiciones citadas suelen ser prácticas de laboratorio frecuentes en secundaria, no siéndolo tanto la realización de alguna experiencia que implique la formación de un compuesto de manera fotoquímica.

A principios de la década de los noventa, y debido a la demanda por parte del profesorado de este tipo de prácticas, Tokumaru y Coyle (1992) recopilaron una amplia colección de experimentos para enseñar fotoquímica a los estudiantes en los primeros cursos universitarios. Asimismo, presentaron una extensísima bibliografía de trabajos fotoquímicos. El lector interesado en las distintas propuestas puede consultar el trabajo citado.

En los últimos años, también otros autores han propuesto demostraciones sencillas basadas en procesos fotoquímicos. Así, Rigos (1999) propone un experimento barato y divertido para estudiantes de secundaria basado en el proceso químico de la fotografía, y en el que no se requiere sala oscura, salvo para la conversión del negativo en positivo. Por su parte, Churio y Grela (1997) proponen para estudiantes universitarios una experiencia basada en la fotoquímica de la benzofenona en 2-propanol, con el objetivo de estudiar los conceptos básicos de fotoquímica. Por último, Gallardo y otros (2000) presentan un trabajo práctico que permite al alumnado asimilar los conceptos de excitación de cromóforos por la luz, cambios en el potencial redox y transferencia de electrones desarrollando un sistema fotoquímico que sintetiza agua oxigenada.

Con la idea de contribuir a este tipo de experiencias orientadas a la enseñanza y aprendizaje de estas reacciones en el nivel de educación secundaria, este artículo propone un trabajo práctico de fotoquímica con nitrato de plata sencillo de realizar. Como en publicaciones anteriores (Franco, 2005, 2006), se encuentra enmarcado en la línea de un trabajo práctico de investigación (Caamaño, 2003; Leite y Figueiroa, 2004) que permite analizar las ideas de los alumnos en torno a los procesos fotoquímicos.

OBJETIVOS

El trabajo práctico que se presenta permite estudiar los siguientes aspectos:

- El concepto de reacción fotoquímica.

- La formación de plata metálica a través de diversas reacciones fotosensibles que implican algunas sales de plata, así como su posterior oxidación.

- La formación de precipitados coloreados fotosensibles.

- Procesos químicos para acelerar o inhibir la formación de plata metálica.

Desde el punto de vista de la enseñanza y aprendizaje, se pretende estudiar la capacidad del alumnado para explicar de forma científica tres fenómenos fotoquímicos, aparentemente iguales, que parten de sustancias transparentes y producen una sustancia oscurecida, con mecanismos y velocidades de reacción muy diferentes. Concretamente, se analizarán las ideas y explicaciones de los estudiantes relativas a:

- El reconocimiento de un cambio químico producido por la luz.

- El cambio de color de una sustancia sin necesidad de añadir otra sustancia.

- La aparición de una sustancia coloreada a partir de una mezcla de sustancias transparentes.

- La aparición de un mismo resultado final significa que ha tenido lugar la misma reacción química.

- Los cambios de color con el tiempo que se producen en las reacciones fotosensibles de algunas sales de plata.

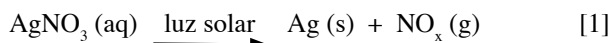
- La velocidad de reacción de cambios químicos aparentemente similares.

- La reversibilidad en la oscuridad de algunas reacciones fotoquímicas.

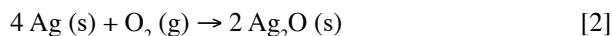
- Los procesos químicos que aceleran o inhiben la formación de la plata metálica.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Todas las experiencias que se presentan en este trabajo práctico se basan en el nitrato de plata (Young, 2004) elegido por sus propiedades fotosensibles, utilizadas en fotografía (Towler, 1974; James, 1977) y conocidas desde el siglo xvii. En 1614, Angelo Sala realizó una observación que fue el inicio de la química fotosensible, al descubrir que el AgNO_3 sólido, de color blanco, tornaba a negro al exponerlo al sol. En 1725 Schulze encontró una aplicación para la disolución de AgNO_3 , mostrando que si se utilizaba para escribir sobre un papel, al exponerlo a la luz del sol las letras invisibles oscurecían y se volvían visibles. Este descubrimiento fue el inicio de la fotografía. En 1777 Scheele identificó plata metálica como producto de dicha reacción.



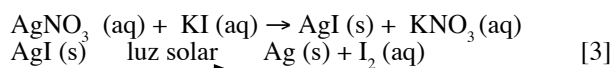
La plata metálica presenta un color blanco grisáceo, pero se oxida espontáneamente al exponerse al oxígeno atmosférico transformándose en el óxido de plata, de color negro, según la reacción siguiente:



Esta reacción es la responsable del contraste de color en los objetos de plata cuando tienen falta de lustre.

Con anterioridad a estos descubrimientos, Georg Fabricius observó en 1556 que al añadir sal a una disolución de AgNO_3 precipitaba un sólido blanco, cloruro de plata, que se convertía en negro al exponerlo a la luz solar.

En este trabajo práctico se estudiará, además de las reacciones [1] y [2], una variante de la reacción observada por Fabricius utilizando una disolución de yoduro de potasio, en lugar de cloruro de sodio, con idea de formar un precipitado amarillo de yoduro de plata, que, como muchas sales de este metal, también se descompone con la luz solar.



Por último, se estudiará también la reacción del AgNO_3 con agua oxigenada. Según Dudley (2006), un reconocido investigador en el campo de los coloides de plata, cuando una o dos gotas se añaden a una disolución que contiene plata, se forma un precipitado blanco y turbio. El mecanismo que tiene lugar en este proceso no es bien conocido debido a su complejidad, ya que se forma un coloide de plata. En este proceso ocurren varias reacciones donde el H_2O_2 , que normalmente actúa como agente oxidante, puede actuar también como reductor. Estos coloides de plata utilizados en las proporciones adecuadas tienen aplicaciones médicas (Gibbs, 1999; Jason, 2003; Dudley, 2006).

Según Dudley (2006), en este proceso el H_2O_2 reacciona con las partículas de plata, produciendo iones de plata y una combinación de hidróxido de plata y óxido de plata. Sin embargo, el H_2O_2 también reacciona con el óxido y el hidróxido de plata produciendo un coloide de átomos de plata y oxígeno, y agua en el caso del hidróxido de plata. A su vez, las partículas atómicas coloidales pueden convertirse en óxido e hidróxido de plata, y así sucesivamente. El resultado final es una mezcla de plata iónica (hidróxido y óxido) y partículas coloidales muy pequeñas en las que, en ocasiones, se pueden ver burbujas de oxígeno.

En este trabajo se ha observado que la reacción del AgNO_3 con H_2O_2 en mayores cantidades origina un compuesto de color blanco que inhibe durante un largo período de tiempo la descomposición fotoquímica de la plata y su oscurecimiento. Este precipitado no corresponde al hidróxido, óxido ni peróxido de plata aislados, ya que estos compuestos presentan una tonalidad marrón o negra. Además, es muy difícil aislar el hidróxido de plata debido a su rápida conversión a óxido. En la bibliografía la composición más cercana a la formada en nuestro precipitado está descrita por Jason y otros (2003) del Grupo Silvermedicine para coloides de plata y H_2O_2 , con aplicaciones médicas. Según Jason, entre los componentes de dichos coloides se

encontrarían los iones de plata y el peróxido de hidrógeno disuelto, el cual se estaría transformando lentamente en agua y en átomos de oxígeno gaseoso.

REALIZACIÓN DEL TRABAJO PRÁCTICO

Muestra de alumnos

Este trabajo práctico se ha desarrollado durante los cursos 2004/2005 y 2005/2006 con un total de 42 alumnos/as que cursaban la asignatura de Física y Química de 4º de ESO en la Sección del IES José de Ribera en La Poble del Duc (Valencia). El trabajo experimental, dividido en tres experiencias, se ha realizado durante tres días consecutivos, durante el desarrollo de la unidad didáctica «Cambios químicos». La primera sesión se ha dedicado a la realización de las experiencias y al seguimiento de los procesos con el tiempo. Las dos sesiones siguientes se han empleado para conocer la evolución de las reacciones químicas tras 24 y 48 horas, respectivamente, así como para elaborar de forma individual un informe del trabajo práctico realizado.

Los datos del aprendizaje de los alumnos se han obtenido a partir de los informes de laboratorio presentados, que debían incluir los objetivos, los materiales y reactivos utilizados, el procedimiento experimental, los resultados obtenidos, la resolución de las cuestiones que aparecen en un apartado posterior y las conclusiones del trabajo.

Materiales y reactivos	
<i>Materiales</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Cartulina blanca. - Silueta de un toro. - Papel de aluminio. - Tres pinceles finos. - Cronómetro. - Dos matraces aforados de 100 ml. - Tres vasos de precipitado pequeños.
<i>Reactivos</i>	<ul style="list-style-type: none"> - AgNO_3 (Panreac). - KI 98,5% de pureza (Panreac). - H_2O_2 3% p/v (Garley).

Procedimiento experimental

- Divide la cartulina en tres partes iguales y dibuja en cada una de ellas la silueta del toro que te proporcionará tu profesor.
- Prepara 100 ml de disolución 0,1 M de KI y añade un poco a un vaso de precipitado.
- Prepara 100 ml de disolución 0,1 M de AgNO_3 y añade un poco a un vaso de precipitado. Protege de la luz solar con papel de aluminio la disolución del matraz y del vaso.
- Añade a un tercer vaso un poco de H_2O_2 .

Experiencia 1: Descomposición fotoquímica del nitrato de plata

Ayudándote de un pincel, pinta con la disolución incolora y transparente de AgNO_3 el primer toro y exponlo a la luz solar. Mide con un cronómetro el tiempo que tarda el dibujo en oscurecer.

Experiencia 2: Reacción del nitrato de plata con el yoduro de potasio

Pinta con la disolución de AgNO_3 el segundo toro. Sobre la capa de AgNO_3 pinta rápidamente con otro pincel con la disolución, también incolora y transparente, de KI. Procura cubrir todo el dibujo y exponlo a la luz solar. Observa lo que ocurre y controla con un cronómetro el tiempo que tarda el dibujo en oscurecer.

Experiencia 3: Reacción del nitrato de plata con el agua oxigenada

Pinta el tercer toro con la disolución de AgNO_3 y sobre ella, con otro pincel, pinta rápidamente una capa de H_2O_2 intentando cubrir toda la silueta. Exponlo a la luz solar; observa lo que ocurre y controla el tiempo que tarda en oscurecer el dibujo.

Cuestiones del informe de laboratorio

Cuestiones de la experiencia 1
(1) Explica de la forma más detallada posible el proceso que ha ocurrido en la experiencia 1.
Cuestiones de la experiencia 2
(2) Explica de la forma más detallada posible el proceso que ha ocurrido en la experiencia 2.
(3) Explica cómo se ha formado el color amarillo a partir de dos sustancias incoloras y transparentes.
(4) Explica por qué la velocidad del proceso que tiene lugar en la experiencia 2 es muy diferente a la del proceso de la experiencia 1.
Cuestiones de la experiencia 3
(5) Explica de la forma más detallada posible el proceso que ha ocurrido en la experiencia 3.
(6) Explica cómo se ha formado el color blanco a partir de dos sustancias incoloras y transparentes.
(7) Explica por qué no sufre cambios la sustancia blanca expuesta a la luz solar durante el primer día.
(8) Explica por qué sufre cambios la sustancia blanca expuesta a la luz durante el segundo día.
(9) Explica por qué los cambios que experimenta la sustancia blanca son reversibles en la oscuridad durante el segundo día.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experiencia 1: Descomposición fotoquímica del nitrato de plata

Resultados experimentales

En esta experiencia tiene lugar la reacción química fotosensible de descomposición del AgNO_3 [1] y la posterior reacción de oxidación [2]. Se ha observado un oscurecimiento lento de la silueta con el tiempo. La figura 1 muestra el cambio de coloración de incoloro a negro, pasando por di-

ferentes tonalidades marrones, tras dos días de exposición a la luz solar. La figura 1 (d), con una tonalidad bastante oscurecida, indica que transcurridos 30 minutos gran parte del AgNO_3 se ha descompuesto. El compuesto responsable del tono negro de la figura 1 (e), correspondiente a dos días de exposición solar, es el óxido de plata.

Resultados del aprendizaje de los estudiantes

En esta experiencia se pretende averiguar si el alumno reconoce que no ha ocurrido un cambio físico, sino químico, así como el tipo de reacción química. En otras palabras, se pretende que identifique que se ha producido el cambio de color de transparente a negro sin necesidad de añadir otra sustancia. Con esta experiencia se quiere eliminar uno de los errores conceptuales más usuales en lo referente a los cambios químicos: para producirse una reacción química es necesario que se mezclen dos sustancias diferentes (Hierrezuelo, 1991). Las hipótesis formuladas para explicar este fenómeno se resumen en la tabla 1, donde se diferencian las respuestas que sugieren cambio químico de las que indican cambio físico.

Figura 1
Evolución con el tiempo del color de la silueta pintada con AgNO_3 expuesto a la luz solar: (a) 0 minutos (transparente); (b) 5 minutos (marrón claro); (c) 15 minutos (marrón oscuro); (d) 30 minutos (marrón más oscuro); (e) 2 días (negro).

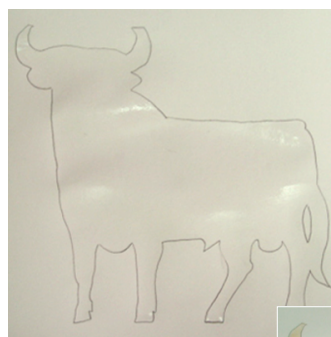


Figura 1a

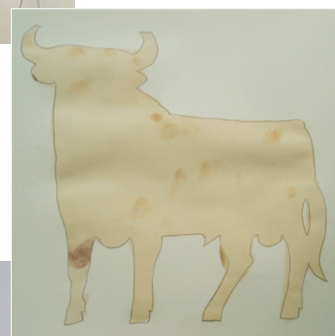


Figura 1b



Figura 1c



Figura 1d



Figura 1e

Tabla 1

Respuestas de los estudiantes para explicar la experiencia 1.

Ideas que sugieren que ha ocurrido un cambio químico
1. «Un cambio producido por la influencia de la luz solar. Al aumentar el tiempo de exposición, se produce un mayor oscurecimiento» (42,86%)
2. «La oxidación del AgNO_3 por el oxígeno y el sol. El color negro se consigue tras dos días porque es una oxidación lenta» (19,05%)
3. «Una reacción química porque ha habido un cambio de color» (7,14%)
4. «Una alteración de la estructura molecular del AgNO_3 producida por una radiación solar» (4,76%)
5. « AgNO_3 es una sustancia que se usa para revelar las fotos, si les da la luz solar se velan» (2,38%)
6. «Al ir pasando el tiempo de exposición al sol, se va pudriendo el papel» (2,38%)
Ideas que sugieren que ha ocurrido un cambio físico
7. «La separación de la plata del AgNO_3 . El color negro es plata pura» (11,90%)
8. «Se ha evaporado algún componente del AgNO_3 » (9,52%)

Los datos presentados en la tabla 1 indican que el 78,58% de los estudiantes asocia el proceso ocurrido con un cambio químico, pero sólo el 42,86% identifica que es la luz solar la responsable de la transformación. El 11,90%, que afirma que la plata se ha separado del AgNO_3 , entiende el cambio como una separación física, al igual que el 9,52% que la denomina evaporación. El elevado porcentaje que utiliza la oxidación para justificar el cambio se puede deber a que la mayoría del alumnado ha observado que la oxidación del hierro es un proceso lento en el que se produce un cambio de color.

Experiencia 2: Reacción del nitrato de plata con el yoduro de potasio

Resultados experimentales

Como se observa en la figura 2 (a), a medida que cubrimos la capa incolora de AgNO_3 con el pincel impregnado en la disolución, también incolora, de KI, tiene lugar de manera inmediata la formación de un precipitado amarillo de AgI mediante la reacción [3]. Esta sal, sensible a la luz, presenta una velocidad de descomposición muy superior a la de AgNO_3 , observándose en un tiempo inferior a dos minutos un tono oscurecido de Ag_2O similar al que se obtiene en la experiencia 1 tras 30 minutos, como muestran las distintas imágenes de la figura 2.

Figura 2

Evolución con el tiempo del color de la silueta pintada con AgNO_3 y KI expuesta a la luz solar: (a) Alumna pintando (formación de KI); (b) 0 minutos (amarillo); (c) 1 minuto (marrón claro); (d) 2 minutos (marrón oscuro) (e) 2 días (negro).

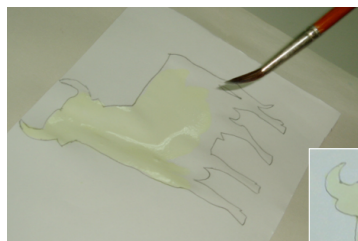


Figura 2a

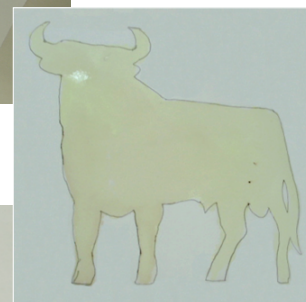


Figura 2b



Figura 2c



Figura 2d



Figura 2e

Resultados del aprendizaje de los estudiantes

En esta segunda experiencia se han analizado tres ideas: si tiene lugar la misma reacción fotoquímica que en la experiencia anterior, cómo se produce el color amarillo tras mezclar dos sustancias incoloras, y por qué cambia la velocidad de la reacción fotoquímica. Las explicaciones de los alumnos se sintetizan en las tablas 2, 3 y 4.

En primer lugar se ha estudiado (Tabla 2) si el alumno es capaz de identificar los dos procesos que tienen lugar en esta experiencia: por una parte, la formación del KI, y por otra, la descomposición fotoquímica de esta sal; o si por el contrario piensa que ha ocurrido la misma reacción que en la experiencia 1, la descomposición fotoquímica del AgNO_3 .

Tabla 2

Respuestas de los estudiantes para explicar la experiencia 2.

1. «Se trata del mismo fenómeno pero comienza en un estado más avanzado» (40,48%)
2. «Se trata del mismo fenómeno que en la experiencia 1» (30,95%)
3. «Se trata de otra reacción diferente a la de la experiencia 1» (28,57%)

Debido a que los procesos de descomposición fotoquímica del nitrato y del yoduro de plata son visualmente muy similares, y la formación de esta última sal tiene lugar de forma inmediata, el 71,5% del alumnado piensa que en ambas experiencias ha tenido lugar el mismo proceso químico. También para esta experiencia, la mayoría de los estudiantes piensa que este proceso es causado por la luz, aunque otros creen que se trata de una oxidación. Aun más, el color amarillo desde el que comienza el proceso hace creer a un porcentaje algo superior al 40% que la reacción comienza en un estado más avanzado al de la experiencia con AgNO_3 , ya que el amarillo es una tonalidad intermedia entre transparente y marrón claro.

Se han analizado las hipótesis propuestas para explicar la formación del compuesto amarillo, las cuales se recogen en la tabla 3.

Tabla 3

Respuestas dadas para explicar la formación del compuesto amarillo.

1. «El color amarillo es el color de alguna sustancia nueva que se ha formado» (23,81%) (*Modificación*).
2. «La mezcla de AgNO_3 con KI produce el color amarillo» (19,04%) (*«Es así porque es así»*).
3. «Se ha evaporado el potasio del KI. Es el yodo el que produce la coloración amarilla» (19,04%) (*Desplazamiento*).
4. «Al mezclar KI con AgNO_3 se genera yodo, que produce el color amarillo» (11,91%) (*Desplazamiento*).
5. «Las radiaciones que el líquido absorbe producen el color amarillo» (11,91%) (*Transmutación*).
6. «Se vuelve amarillo debido a una reacción química» (9,52%) (*Interacción química*).
7. «Se forma AgI , responsable del color amarillo» (4,76%) (*Interacción química*).

Con objeto de una mayor sistematización de las respuestas dadas por los alumnos respecto a la reacción química, podemos utilizar la clasificación establecida por Anderson (1990), tras revisar diferentes trabajos en los que se preguntaba a 2.800 estudiantes de secundaria por alguna reacción química. Según Anderson las explicaciones de los alumnos respecto a una reacción química se pueden clasificar en cinco categorías: «*Es así porque es así*», *desplazamiento*, *modificación*, *transmutación e interacción química*.

Se han encontrado entre las respuestas de nuestros alumnos/as las cinco categorías citadas, en unos porcentajes similares a los hallados por Anderson. La respuesta mayoritaria, «*el color amarillo es el de alguna sustancia nueva que se ha formado*» corresponde con la idea de *modificación*, entendida de forma que la nueva sustancia es en realidad la antigua, pero en una forma modificada. La modificación implica que una sustancia retiene su identidad mientras alguna de sus propiedades cambia. La segunda respuesta mayoritaria, «*la mezcla de AgNO_3 con KI produce color amarillo*» corresponde con la categoría «*es así porque es así*», que debe ayudar a desmitificar la idea errónea de que en química la mezcla de dos sustancias blancas no tiene por qué dar otra blanca.

También aparecen dos hipótesis, *evaporación de potasio y generación de yodo*, que se pueden clasificar como *desplazamiento*. La idea básica del *desplazamiento* es que las sustancias existen durante todo el tiempo y aparecen porque son desplazadas desde donde estaban, o porque al cambiar las condiciones exteriores se ponen de manifiesto mientras que antes no se podían observar. De la hipótesis 3 (*evaporación del potasio*) se puede deducir que el alumno intuye que el potasio debe separarse de alguna forma del yodo para que al unirse con la plata genere el compuesto amarillo.

Por su parte, la hipótesis 6 se corresponde con la idea de la *transmutación*, relacionada bien con una sustancia que se transmuta parcialmente en energía o bien la energía que se transmuta en una sustancia. Por último, «*se forma AgI* », se clasifica como *interacción química*. Este resultado minoritario está de acuerdo con Anderson, que indica que relativamente pocos alumnos responden de una manera químicamente aceptable.

Por último, la tabla 4 resume las hipótesis emitidas para explicar por qué la velocidad de esta reacción es muy superior a la realizada en la experiencia 1.

Tabla 4

Respuestas dadas para explicar la diferencia de velocidad de ambas reacciones.

1. «El color amarillo es más cercano al marrón que al transparente, es un color intermedio entre transparente y marrón claro» (35,71%).
2. «La reacción se acelera porque ahora hay dos líquidos transparentes. En la experiencia 1 solamente hay un líquido» (23,81%).
3. «Una nueva sustancia acelera la reacción química / KI es un potenciador en la mezcla» (16,67%).
4. «La sustancia amarilla se seca más rápida que la transparente» (11,90%).
5. « AgI formado se descompone más rápido que AgNO_3 » (4,76%).

6. «Las radiaciones que el líquido absorbe producen el color amarillo. Al absorber tantas radiaciones se llega a un punto de saturación, momento en el que cambia a negro» (4,76%).
7. «La mezcla es menos densa y se favorece la oxidación» (2,38%).

Como se concluye de la tabla 4, un gran porcentaje de estudiantes explica el aumento de velocidad apoyándose en la idea errónea de que, tratándose en ambos casos de la misma reacción, el punto de partida es diferente. Así, en la experiencia 1, la reacción química parte desde el punto inicial, el AgNO_3 de color transparente, mientras que en la experiencia 2, se parte desde un estado intermedio, una coloración amarilla, que está más cercana al estado final.

Casi un 24% de los estudiantes supone, también de forma incorrecta, que la velocidad de reacción con la luz depende de la cantidad de líquido transparente, siendo directamente proporcional a éste. Otra idea errónea detectada es que algunos alumnos piensan que el KI ha actuado como catalizador de la reacción química.

Por último, sólo el 4,76% supone acertadamente que se trata de otra reacción fotoquímica de descomposición diferente a la del AgNO_3 , y que, por tanto, no tiene por qué tener las mismas características. Este dato muestra que el 28,5% del alumnado (Tabla 2) que ha indicado que las dos reacciones son diferentes, entiende que son distintas porque ha observado la aparición de un nuevo color en una etapa intermedia y/o un aumento de la velocidad de reacción, pero no asocia estos cambios a procesos químicos distintos que suponen la aparición de un nuevo compuesto, KI. Aun más, el docente puede fácilmente rebatir al alumno estas hipótesis usadas para justificar la existencia de una nueva reacción, porque como sabemos el paso de reactivos a productos se puede conseguir por diferentes mecanismos de reacción. Así, podría pasar a través de un compuesto nuevo coloreado, o acelerarse con un catalizador, pero finalmente la reacción química habrá sido la misma.

Experiencia 3: Reacción del nitrato de plata con agua oxigenada

Resultados experimentales

Como muestra la figura 3 (a), al pintar con H_2O_2 sobre la capa de AgNO_3 , tiene lugar la formación de un compuesto blanco, que inhibe la descomposición fotoquímica de la plata. La figura 3 (a-c) muestra la evolución del compuesto formado en esta experiencia durante los 20 primeros minutos de exposición al sol. Para poder comparar el efecto de la luz solar en presencia y ausencia de H_2O_2 , a la izquierda de la silueta del toro se ha pintado una mancha con AgNO_3 . La figura 3 (c) muestra que, transcurridos 20 minutos, en la silueta impregnada con H_2O_2 aún no se ha formado Ag_2O , ya que permanece de color blanco, mientras que la mancha de AgNO_3 se encuentra bastante oscurecida. Las siluetas de esta experiencia se expusieron a la luz solar durante todo un día, no observándose cambio de coloración en el precipitado formado.

Figura 3

Evolución con el tiempo del color de la silueta pintada con AgNO_3 y H_2O_2 expuesto a la luz solar: (a) 0 minutos (blanco); (b) 7 minutos (blanco); (c) 20 minutos (blanco)



Figura 3a

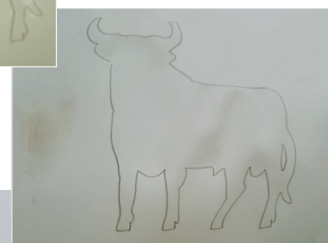


Figura 3b



Figura 3c

Al día siguiente se volvieron a exponer dichas siluetas a la luz solar, produciéndose un cambio de coloración hacia tonalidades marrones de la misma forma que se había observado en las experiencias 1 y 2. Al cabo de 30 minutos, las siluetas, ya bastante oscurecidas, se colocaron en un lugar oscuro donde no daban directamente los rayos del sol, observándose una pérdida gradual de coloración hacia el blanco inicial. Se esperó una hora para asegurar que toda la silueta estaba totalmente blanquecina. Pasado este tiempo, se expusieron por segunda vez durante otra media hora al sol, consiguiendo de nuevo la coloración oscurecida, que volvieron a perder al colocarlas en la oscuridad. A partir de este momento se realizaron, durante las horas de sol, ciclos de 30 minutos de duración en presencia de luz solar alternados con ciclos de una hora en ausencia de luz para comprobar la duración de la reversibilidad del proceso. Para la mayoría de los alumnos, se observaron cambios de coloración producidos por una reacción fotoquímica reversible durante las siguientes 40 horas (nótese que sólo se realizaron los ciclos durante las horas de sol). Sin embargo, algunas siluetas siguieron sufriendo cambios reversibles incluso hasta 52 horas después.

Se ha observado también que el tiempo requerido para el cambio de coloración en la oscuridad se incrementaba al aumentar el número de ciclos. Así, en los primeros ciclos fueron suficientes pocos minutos, mientras que en los últimos se necesitaron varias horas. No obstante, aunque en los primeros ciclos el proceso ocurría en un tiempo inferior a una hora, se esperó este tiempo para repetir la experiencia, asegurando así que la reacción fuera completa. En la tabla 5 se resume el protocolo seguido en esta experiencia y las observaciones realizadas.

Tabla 5
Protocolo de la experiencia 3 y observaciones.

	Exposición a luz solar	Coloración	Cambia la coloración
Día 1			
Durante las horas de sol	Sí	Blanca	No
Durante la noche	No		
Día 2			
Períodos de 30 minutos	Sí	Blanco a marrón	Sí
Períodos de 1 hora	No	Marrón a blanco	
Se repiten estos ciclos de 30 minutos a la luz solar, y de 1 hora (*) en la oscuridad durante las siguientes 40 horas, con los mismos resultados. (*) En los últimos ciclos se requirió un tiempo superior a 1 hora para que ocurriera el cambio reversible.			

Aunque no se ha encontrado descrito en la bibliografía este fenómeno fotoquímico como tal, pensamos que la composición de nuestro precipitado debe ser similar a la propuesta por Jason (2003) para coloides de iones plata y peróxido de hidrógeno, donde también se han observado cambios de coloración según las cantidades de H₂O₂ adicionadas. Así, en nuestro caso se formaría un compuesto en el que estarían presentes iones plata, iones nitrato y peróxido de hidrógeno disuelto, el cual se estaría transformando lentamente en agua y oxígeno atómico gaseoso. Los resultados obtenidos inducen a pensar que para que tenga lugar la reacción fotoquímica el AgNO₃ y el H₂O₂ deben estar en una proporción determinada.

Durante el primer día de exposición solar, la cantidad de H₂O₂ presente está en exceso e impide de alguna forma la transformación fotoquímica Ag⁺ → Ag, en cuyo caso la plata se encontraría en el precipitado como iones plata, de acuerdo con Jason, por lo que el oxígeno atmosférico no podría producir el cambio de coloración del compuesto.

La posibilidad de que la plata se encuentre en el compuesto como plata metálica y que sea indistinguible a simple vista por presentar el mismo color que el precipitado, blanco grisáceo, se descarta según nuestras observaciones. De haber ocurrido la transformación fotoquímica Ag⁺ → Ag durante el primer día, el oxígeno atmosférico oscurecería el compuesto y dicha oxidación sólo se ha observado en presencia de la luz solar, lo que indica que es durante el segundo día cuando la plata se convierte en plata metálica, ya que este fenómeno de oxidación ocurre de manera espontánea.

Transcurridas 24 horas, parte del peróxido de hidrógeno presente se ha evaporado y el coloide presenta la proporción adecuada de H₂O₂ para que la luz solar produzca la reacción Ag⁺ → Ag. Posteriormente, de forma espontánea el oxígeno atmosférico actúa produciendo Ag₂O, responsable del cambio de color. Es muy probable que esta situación se alcance antes de las 24 horas durante las horas de noche.

Al colocar el compuesto en la oscuridad, la composición del precipitado contendría un mayor contenido en aniones oxígeno aportados por Ag₂O. Estos aniones de oxígeno adicionales formarían agua con los protones procedentes del H₂O₂, deshaciendo la red del óxido y liberando a los iones plata, responsables del cambio de coloración hacia blanco. El equilibrio reversible es posible durante

el tiempo en que la proporción entre AgNO₃ y H₂O₂ se encuentra en un intervalo de concentraciones adecuado, aproximadamente entre las 40 y 52 horas siguientes al primer cambio de coloración, según la cantidad inicial de ambos con la que se pintó la silueta, y que fue diferente en cada estudiante. Cuando la concentración de H₂O₂ es muy pequeña porque gran parte se ha evaporado, la reacción no es reversible al no haber suficientes protones en el medio.

Resultados del aprendizaje de los estudiantes

En esta última experiencia se han analizado las ideas de los alumnos para explicar los siguientes aspectos:

- La formación del color blanco a partir de dos sustancias transparentes.
- La no reactividad química del compuesto blanco expuesto a la luz durante el primer día.
- La reactividad química del compuesto blanco en presencia de luz durante el segundo día.
- La reversibilidad del proceso en la oscuridad.
- La existencia de varios ciclos de luz y oscuridad en el proceso.

La tabla 6 recoge los resultados para explicar la formación del compuesto blanco a partir de AgNO₃ y H₂O₂, y los clasifica según las categorías de Anderson.

Tabla 6
Respuestas dadas para explicar la formación del color blanco.

1. «La mezcla de H ₂ O ₂ con AgNO ₃ es blanca» (30,95%) («Es así porque es así»).
2. «Al mezclar dos sustancias transparentes se obtiene blanco» (26,19%) («Es así porque es así»).
3. «El H ₂ O ₂ al estar en contacto con el sol se vuelve blanca» (21,43%) (Transmutación).
4. «Es blanco porque el H ₂ O ₂ no reacciona con la luz» (14,28%) (Desplazamiento).
5. «Se ha producido una reacción química» (7,14%) (Interacción química).

Aproximadamente el 57% de los estudiantes cree que al mezclar esas dos sustancias se obtiene blanco, según Anderson, «*es así porque es así*». Otros aportan la idea de la *transmutación*, al suponer la influencia de la energía solar en el color producido. Por otro lado, un 14% no descarta que se haya producido el *desplazamiento* de algún componente. Como cabía esperar, la respuesta correcta, «se ha producido una interacción de naturaleza química», es la minoritaria.

La tabla 7 clasifica según Anderson las hipótesis que explican la ausencia de reactividad en presencia de luz durante el día 1.

Tabla 7

Respuestas dadas para explicar la no reactividad química del compuesto blanco expuesto a la luz durante el primer día.

1. «El H₂O₂ actúa como una capa protectora» (54,76%) (*Modificación*).
2. «El H₂O₂ tarda mucho en reaccionar» (19,05%) (*Es así porque es así*).
3. «El H₂O₂ tarda un día en mezclarse con el AgNO₃ y en ese proceso el color es blanco» (11,90%) (*Desplazamiento*).
4. «El H₂O₂ quita el AgNO₃ pero no entero» (9,52%) (*Desplazamiento*).
5. «El blanco no es un color que atrae al sol» (4,76%) (*Transmutación*).

La totalidad del alumnado asocia la ausencia de reactividad únicamente con el H₂O₂ y no con el sistema plata – H₂O₂. Así, casi el 55% plantea una hipótesis relacionada con la *modificación* de las sustancias consistente en la formación de una capa protectora. En definitiva, la sustancia es la misma, AgNO₃, pero en una forma modificada, cubierta por H₂O₂. Dicha respuesta pone de manifiesto una interacción física: se trataría de algo similar a cuando una persona se tapa con una manta, si está debajo de ella la luz no puede darle, pero cuando se destapa, sí. También se han detectado ideas erróneas referentes a las categorías de *desplazamiento* y *transmutación*. No se ha planteado ninguna hipótesis que indique que esté teniendo lugar una *interacción química*, que origina otra situación química diferente que es realmente la que protege el sistema de la luz solar.

Finalmente, la tabla 8 analiza las ideas que explican la reactividad del compuesto blanco durante el día 2, diferenciando las hipótesis relativas a la presencia de luz y a la oscuridad. Obsérvese que para explicar la reversibilidad en las hipótesis 3 y 4 se proponen dos opciones.

Cinco de las seis hipótesis propuestas incluyen, con más o menos acierto, la presencia o ausencia de luz solar como factor responsable del fenómeno. Las explicaciones 1, 2 y 6 sugieren que todas las reacciones fotoquímicas pueden ser reversibles en la oscuridad, pero ningún alumno hace referencia a que debe tratarse de una reacción especial, ya que las descomposiciones de nitrato y yoduro de plata no vuelven atrás.

Tabla 8

Respuestas dadas para explicar la reactividad del compuesto blanco expuesto a la luz durante el segundo día y su reversibilidad en la oscuridad.

Reactividad del compuesto blanco a la luz	Reversibilidad del proceso en la oscuridad
¹ Afecta la luz solar.	¹ La luz del sol no está (35,71%).
² Durante el día actúa el oxígeno.	² En la oscuridad actúa el CO ₂ (19,05%).
³ El sol debilita la capa protectora.	^{3a} En la oscuridad no hay sol y se enfría H ₂ O ₂ (16,67%). ^{3b} La oscuridad recarga de nuevo la capa protectora (4,76%).
⁴ El H ₂ O ₂ se evapora. AgNO ₃ queda al descubierto. Afecta la luz solar.	^{4a} En la oscuridad condensa el H ₂ O ₂ (14,28%). ^{4b} En la oscuridad deja de dar la luz. El cambio de color se produce por el efecto que ha dejado el H ₂ O ₂ (había estado allí antes) (4,76%).
⁵ El agua del H ₂ O ₂ se evapora. Queda el oxígeno del H ₂ O ₂ mezclado con AgNO ₃ . Esta mezcla es la que reacciona con la luz.	⁵ En la oscuridad, al no haber luz, el oxígeno del H ₂ O ₂ hace volver a blanco (2,38%).
⁶ Los ciclos se producen por cambios en la estructura molecular producidos por la luz (2,38%).	

Resulta curiosa la segunda hipótesis, que utiliza el O₂ y el CO₂ para explicar la reversibilidad del proceso de forma similar a como ocurre en la fotosíntesis. La explicación 4a basada en los procesos físicos de evaporación y condensación del H₂O₂ que protege o desprotege el AgNO₃, propuesta por un 14,3%, carece de sentido, ya que la experiencia se realiza en un sistema abierto. Por último, las hipótesis 4b, 5 y 6, referentes a algún efecto químico que se produce en la mezcla de H₂O₂ y AgNO₃ en presencia o ausencia de la luz, son las más acertadas al estar basadas en interacciones químicas.

CONCLUSIONES

Este trabajo práctico ha permitido estudiar la reacción fotosensible Ag⁺→Ag y su posterior oxidación a partir de tres compuestos de plata distintos, nitrato de plata, yoduro de plata y un sistema coloidal de plata. Estas reacciones han permitido comparar la velocidad de formación de plata metálica por procedimientos diferentes. Así, tomando como referencia la formación de plata metálica a partir de AgNO₃, la cinética de la transformación fotoquímica Ag⁺→Ag es aproximadamente 15 veces más rápida que si formamos plata a partir de KI y 720 veces más lenta si se obtiene a partir de la reacción del

AgNO_3 con H_2O_2 . Esta última reacción fotosensible, no descrita como tal en la bibliografía, no se produce hasta 24 horas después de mezclarse los reactivos, y es reversible durante al menos las siguientes 40 horas, tiempo en el que se mantiene un equilibrio de concentraciones entre los iones plata y los procedentes del H_2O_2 .

Por otra parte, esta investigación ha permitido analizar algunas de las ideas que tienen los estudiantes de 4º de ESO sobre las reacciones químicas en general, y sobre las fotosensibles en particular. Por una parte, se ha observado que aproximadamente el 80% de los alumnos ha interpretado los tres fenómenos como cambios químicos y no físicos, y un 42,8% ha reconocido la influencia de la luz solar en la transformación. Aunque estos resultados son aceptables, pensamos que sería conveniente presentar a los estudiantes más ejemplos de reacciones químicas que tengan lugar sin necesidad de mezclar varias sustancias, tales como reacciones fotosensibles, de descomposición térmica o electrolisis. Así observarán la aparición de nuevos compuestos con la ayuda del sol, el calor o la electricidad y ayudará a eliminar la idea previa de que las reacciones químicas se producen mezclando sustancias.

Se observa que el alumnado explica las reacciones químicas desde un punto de vista descriptivo y no utiliza representaciones o interpretaciones que conduzcan hasta una ecuación química. Esta idea está conforme con los resultados de Anderson (1990) que indica que sólo un porcentaje menor del 10% de los alumnos de secundaria interpretan una reacción química con la idea de *interacción química*, y emplean preferentemente las ideas de *desplazamiento*, *modificación*, *transmutación* o «*es así porque es así*».

Por otro lado, la formación del KI puede ayudarnos a establecer las diferencias entre mezcla y compuesto. En este sentido, el docente debe resaltar que los componentes de una mezcla se pueden mezclar en cualquier proporción y mantienen sus propiedades características, mientras que los constituyentes de un compuesto se unen siempre en proporciones fijas originando una sustancia final con distintas propiedades. Respecto al color resultante, se debe eliminar la idea previa de la mezcla de colores, ya que lo que realmente ocurre es una interacción química. Por su parte, la formación del coloide de plata en la experiencia con H_2O_2 nos permite introducir la diferencia entre disolución y coloide.

Las distintas velocidades de reacción observadas respecto a la descomposición del AgNO_3 permite introducir los conceptos básicos de la cinética de una reacción química,

así como los factores que afectan a la velocidad de una reacción: la concentración en que se encuentren los reactivos, la temperatura, el área superficial o la presencia de un catalizador.

A continuación se proponen algunas consideraciones para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de las reacciones químicas en secundaria. En primer lugar, debe quedar clara la diferencia entre cambio físico y cambio químico. Se debe insistir en estos conceptos con un gran número de ejemplos, que aunque aparentemente parezcan fáciles, en ocasiones no lo son. Se recomienda, además, utilizar el modelo atómico para explicar sus diferencias. También conviene dedicar el tiempo necesario al análisis de los factores que demuestran que se ha producido una reacción química. Como sabemos, el factor determinante es el cambio en las propiedades características de los reactivos tras sufrir la transformación. Entre esas propiedades conviene señalar, además de los cambios de color que se producen sólo en algunas reacciones, los cambios de densidad, solubilidad, estado de cristalización, conductividad, puntos de fusión y ebullición, propiedades magnéticas, propiedades ópticas, etc., comprobando en algunos casos sencillos cómo efectivamente cambian sus valores al producirse la reacción química. Resulta igualmente interesante la utilización de gráficos, así como el empleo de bolas tridimensionales como modelos atómicos para comprender mejor los cambios que sufre la materia. Por otro lado, resulta positivo que los estudiantes utilicen en sus explicaciones los términos átomo, molécula o partícula.

Para finalizar, conviene no olvidar que la comprensión de muchos de los conceptos relacionados con las reacciones químicas exige el nivel de desarrollo mental de las operaciones concretas, donde se comprende perfectamente la conservación de la masa, la diferencia entre masa y volumen y se utiliza un razonamiento proporcional. Por su parte, la utilización de modelos requiere un pensamiento formal (Hierrezuelo, 1991). Si tenemos en cuenta el porcentaje de alumnos/as de secundaria que están en este nivel de desarrollo, se puede comprender mejor muchas de las dificultades que surgen en el estudio de las reacciones químicas.

AGRADECIMIENTOS

A Daniel Martí Fayos, alumno de 4º de ESO del IES José de Ribera de La Pobra del Duc durante el curso 2004/2005, por su colaboración desinteresada al realizar las fotografías que se presentan en este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO RODRIGO, M. (1996). *Técnicas básicas en el laboratorio de Química*. Universidad de Valladolid: Secretariado de Publicaciones e intercambio científico.
- ÁLVAREZ ROS, M., GIL GALINDO, C., JIMÉNEZ PLAZA, S., MARTÍNEZ ÁLVAREZ, M. C. y PIÑERO MUÑOZ, T. (1993). *Técnicas de laboratorio de Química*. Madrid: Akal.
- ANDERSON, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, pp. 53-85.
- BRESCIA, F., ARENTS, J., MEISLICH, H., TURK, A. y WEINER, E. (1979). *Fundamentos de Química. Métodos de laboratorio químico*. México: Compañía Editorial Continental S.A.
- CAAMAÑO, A. (2003). *Los trabajos prácticos en ciencias*, en M. P. Jiménez y otros, *Enseñar ciencias*. Barcelona: Graó, pp. 95-118.
- CHURIO, M. S. y GRELA, M. A. (1997). Photochemistry of benzophenone in 2-propanol: an easy experiment for undergraduate physical chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 74 (4), p. 436.
- CUELLO, J. et al. (1990). *Obrador d'experiments*. Barcelona: Graó.
- FRANCO MARISCAL, A. J. (2005). ¿Se puede aprender algo de física por un euro? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 46, pp. 108-121.
- FRANCO MARISCAL, A. J. y FRANCO MARISCAL, R. (2006). Para realizar una investigación basta con un botón. *Investigación en la Escuela*, 60.
- GALLARDO, F., GÁLVEZ, S., GÓMEZ-MORENO, C., MEDINA, M. A. y HEREDIA, A. (2000). A practical exercise for photochemistry and photobiology: Production of hydrogen peroxide. *Journal of Chemical Education*, 77 (3), p. 375.
- GIBBS, R. J. (1999). *Silver colloids. Do they work?* USA: Newark.
- GRUP MARTÍ Y FRANQUÉS (1988). *¿Eso es química?* Madrid: Alhambra.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1991). La ciencia de los alumnos: Su utilización en la didáctica de la Física y la Química. Vélez-Málaga: Elzevier.
- JAMES, T.H. (1977). *The theory of the photographic process*. 4th edition. MacMillan: New York.
- LEITE, L. y FIGUEIROA, A. (2004): Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, pp. 20-30.
- RAGA, F. (1999). *Matraz. El trabajo en el laboratorio*. Valencia: Tàndem Edicions.
- RIGOS, A. A. y SALEMME, K. (1999). Photochemistry and pinhole photography: an interdisciplinary experiment. *Journal of Chemical Education*, 76, pp. 736A-736B.
- SEBA, E. y ROCA, A. (1988). *Atlas de prácticas de Física y Química*. Barcelona: Jover.
- SIENKO, M.J., PLANE, R.A. y MARCUS, S.T. (1988). *Experimental General Chemistry*, 5^a Ed. New York: McGraw-Hill.
- TELLADO, M., TORREGROSA, M. y RODRÍGUEZ, J. (1993). *Manual práctico de Química*. Auxilab, S.L.
- TOKUMARU, K. y COYLE, J. D. (1992). A collection of experiments for teaching photochemistry. *Pure & Applied Chemistry*, 64 (9), pp. 1343-1382.
- TOWLER, J. (1974). *The Silver Sunbeam*. New York: Morgan and Morgan Inc.
- YOUNG, J. A. (2004). Silver nitrate. *Journal of Chemical Education*, 81(9), p. 1259.

PÁGINAS WEB

- <<http://www.silver-colloids.com/pubs/Pubs.html>> (Consulta: 30/12/2006).
- DUDLEY, M. (2006). *The real facts on colloidal silver*. <<http://silver-lightning.com/theory.html>> (Consulta: 30/12/2006).
- JASON, R. E. et al. (2003). *Trustee, Silvermedicine.org, The Colloidal Silver Medicine Web Site Group. Commentary on Hydrogen Peroxide (H₂O₂) and Colloidal Silver*. <<http://www.silvermedicine.org/h2o2archives.html>> (Consulta: 30/12/2006).

[Artículo recibido en septiembre de 2005 y aceptado en enero de 2007]

During daylight all the bulls are black: research with silver nitrate in secondary education

FRANCO MARISCAL, ANTONIO JOAQUÍN

I.E.S. Caepionis. Chipiona (Cádiz).

antoniojoaquin.franco@uca.es

Abstract

The aim of this research is to study different processes of photochemical decomposition in the chemical lab at the high school. This paper demonstrates a practical assignment in chemistry at secondary education level. It is an innovative investigation in the study of the light sensitive reaction $\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}$ through three simple experiments based on silver nitrate that present a different rate reaction. This practical assignment has been done by 42 secondary education students (15-16 years old) at the I.E.S. Jose de Ribera in La Pobra del Duc (Valencia) during the 2004/05 and 2005/06 courses.

The experimental procedure consisted of drawing the silhouette of a bull on three pieces of white cardboard and filling in each silhouette with a different silver salt solution paint. Then, the silhouettes are exposed to solar light and the amount of time that it takes to darken each drawing is studied by the pupils.

The first experiment consisted of painting the bull with a 0.1 M silver nitrate solution. This experiment allows the pupils to study the photochemical decomposition of silver nitrate in metallic silver and nitrogen oxides after its exposure to the solar light, and later its oxidation in a spontaneous way. The formation and the photochemical decomposition of the yellow precipitate of silver iodide are studied by the pupils in the second experiment. This compound is obtained when students paint the second silhouette with a double layer formed by the silver nitrate and potassium iodide solutions, both 0.1 M. Finally, the third experiment studies the formation and evolution of a colloidal system of silver obtained when pupils paint the third bull first with a 0.1 M silver nitrate solution and later with 3% p/v hydrogen peroxide. The photochemical decomposition is temporarily inhibited by this white colloid, and later, several cycles of reversibility are experimented.

These three experiments allow pupils to compare the rate of formation of metallic silver through different procedures. Therefore, if we take the formation of metallic silver from silver nitrate as a reference, the kinetics of the photochemical transformation $\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}$ is approximately 15 times faster if we formed silver from potassium iodide and 720 times slower if it is obtained from the reaction of silver nitrate with hydrogen peroxide. The last photosensitive reaction, not described in the bibliography,

does not take place for up to 24 hours after mixing the reagents. In addition, it is a reversible process for at least the following 40 hours, in which time a balance of concentrations between silver ions and hydrogen peroxide solution ions takes place.

On the other hand, this research allows the teacher to analyze previous ideas that high school students may have about the chemical reactions in general, as well as photosensitive reactions in particular. On the one hand, we have observed that approximately 80% of the students have interpreted the three phenomena as chemical and non physical changes, and 42.8% have recognized the influence of the solar light in the transformation. It has also been observed that the pupils explain the chemical reactions from a descriptive point of view and they do not use representations or interpretations that could lead to a chemical equation.

In contrast, 71.5% of the pupils think that in the first two experiments, the same chemical process has taken place (the decomposition of silver nitrate). They were not able to identify both processes that took place in the second experiment; the formation of the potassium iodide and its later photochemical decomposition. In addition, the formation of the yellow colour at the beginning of experiment two leads 40% of the students to assume that the chemical reaction has begun in a more advanced state than the silver nitrate experiment. This is because yellow is an intermediate tone between the transparent initial state and the dark brown final state. The difference of rate between both reactions is also explained with this erroneous idea assumed by some students.

In the final experiment, the pupils associate the absence of chemical reactivity with the hydrogen peroxide and not with the silver – hydrogen peroxide system. From this experiment, 55% of the students created a hypothesis related to the modification of the substances consisting of the formation of a protective layer, according to which, the substance is the same (silver nitrate) but in a modified form covered by hydrogen peroxide. The presence or absence of the solar light as a responsible factor in the reversibility process of this reaction was questioned by the most of the students.

Keywords: physics and chemistry, secondary education, practical work, light sensitive, silver nitrate, rate reaction.