

Título: EL COLOR DEL AJO

Autores: José Manuel Rodríguez Rodríguez y Juan Navarro De Turo (IES DORAMAS-MOYA)

Cada curso académico, llevamos ya once años con este modo de trabajo en el aula, nos planteamos desarrollar un proyecto de larga duración. Son investigaciones que abarcan tanto la parte experimental de laboratorio o de campo, como la búsqueda bibliográfica de información. Nuestros proyectos tienen siempre los mismos puntos de partida: tener carácter interdisciplinar entre la Física, Química, Biología, Geología, y deben generar curiosidad en alumnos y profesores, deben ser novedosos (no se trata de reproducir experiencias de laboratorio) y tener a capacidad de hacer sonreír tanto al que desarrolla el proyecto como al destinatario: el sentido del humor va a ser un inmejorable medio de transmisión de conocimientos.

Química al ajillo, nace en una cafetería, en el verano de 2012. Es evidente que en Canarias los ajos no tienen ningún tipo de importancia ni como cultivo ni como especialidad culinaria, simplemente es un ingrediente más de nuestras comidas. El interés por su estudio surge de la necesidad de buscar una temática que pueda interesar al alumnado. En principio, ningún alumno o alumna repara en un ajo, pero casi todos o una gran mayoría tiene gran interés por... ¡los vampiros! Los adolescentes prestan atención a todo aquello que se relacione con vampiros: literatura, cine (la saga de *Crepúsculo*), cómics, videojuegos. Teníamos dos opciones para abordar el tema: desarrollar un proyecto en torno a la sangre o realizar la investigación en torno a los ajos. Buscamos entre la bibliografía y nos encontramos con que el ajo apenas tenía estudios, además estaban en inglés los expertos eran investigadores japoneses y chinos y su química era muy compleja. A medida que traducíamos dichos estudios o bibliografías nos dábamos cuenta de las posibilidades del trabajo. En efecto, los ajos permiten iniciar al alumnado en el estudio de la química orgánica. Además, los numerosos mitos y leyendas sobre sus propiedades, supuestamente milagrosas en cuestiones de salud, darían pie a diseñar experiencias que los derribarían. Existe una importante industria alrededor de las supuestas propiedades curativas de los ajos con sus diversas presentaciones comerciales (píldoras, polvo, deshidratado, etc.) que nada tienen que ver con la realidad. Uno de los objetivos del proyecto es explicar en qué consiste una reacción química en cadena: cuando cortamos un ajo se rompen las vacuolas que contienen una sustancia denominada *alíina*, ésta entra en contacto con una enzima de nombre *alinasa* y se suceden una serie de reacciones encadenadas. Las sustancias químicas beneficiosas para la salud aparecen como eslabones intermedios de esas cadenas de reacciones. Sin embargo, cuando un humano consume ajo crudo, la cadena de reacciones se rompe y se producen sustancias sin importancia desde el punto de vista de la salud, es una leyenda urbana carente de todo rigor científico vincular la ingesta de ajos a propiedades curativas o preventivas. Es en el laboratorio

donde se pueden obtener los derivados del ajo que tienen poder antibiótico, antitrombótico, antiséptico, etc. controlando la cadena de reacciones químicas. Es muy importante transmitir esta idea de secuencia al alumnado. Los ajos, además, no tienen interés nutricional, simplemente dan sabor a la comida.

A medida que se desarrolla el proyecto, -la parte inicial la realizan sólo los profesores-, nos encontramos con resultados extraños. Esto implica la búsqueda bibliográfica, profunda y dificultosa en el caso del ajo. Sirva el siguiente ejemplo, pelamos los ajos y los introducimos en una disolución de ácido acético al 8 % (vinagre de limpieza). Al principio los ajos aumentan su blancura debido a un pigmento denominado *betacianina*, nada nuevo, pero cuando pasan 24 horas, los ajos empiezan a colorearse caprichosamente de color azul turquesa. Pasan 48 horas y aumenta la intensidad del color y la zona coloreada. Tras varios días sigue en aumento hasta llegar a su punto culminante a los aproximadamente 15 días, dependiendo de la edad y variedad del ajo. ¿Ajos azules? Cambiamos el tipo de ácido y no aparecía el color azul, cortamos los ajos y... no aparece el color azul, realizamos la experiencia en ausencia de luz y...de nuevo no aparece el color azul. El ácido acético era determinante en las reacciones químicas y, evitar cualquier arañazo en el pelado del ajo, imprescindible. Evidentemente no podíamos ser los únicos que habían visto este fenómeno... Pues, casi. Si se busca bibliografía existen únicamente dos fuentes de información: un artículo del *New York Times* que relata cómo un cocinero se topa con el fenómeno y lo atribuye a la existencia de sulfato cúprico, y un artículo publicado en una revista americana especializada en tecnología de los alimentos por tres químicos de la Universidad de Tokio que, de forma accidental, conocen la existencia de los ajos azules e introducen la sustancia en un espectrómetro de masas y determinan su estructura. No hay más.

En nuestro laboratorio, con reactivos específicos para el cobre (nuestra mayor inversión de recursos económicos fue la adquisición de cuprón) hemos comprobado que la primera versión es errónea, no existe cobre en los ajos. Derribar esta hipótesis con argumentos científicos es un recurso educativo muy potente: los alumnos comprueban que no todo lo escrito en internet es cierto, aunque lo publique el *New York Times*. Los colores se producen cuando las enzimas y los aminoácidos presentes en el ajo reaccionan con los compuestos de azufre responsables del olor del ajo. La reacción provoca unas moléculas llamadas pirroles. Un pirrol es un compuesto heterocíclico de cinco miembros, cuatro carbonos y un nitrógeno. Los diferentes tipos de pirroles son responsables de los diferentes pigmentos. La molécula multipirroles más familiar para nosotros es la clorofila. La molécula de dos pirroles se ve roja, la molécula de tres pirroles se ve azul y la molécula de cuatro

pirroles se ve verde, por ejemplo la clorofila ya mencionada . Al igual que ésta, los pigmentos de pirrol son perfectamente seguros para comer. Es una posibilidad en la nueva cocina.

Del ajo se puede aprovechar todo para la docencia, hemos diseñado más de una veintena de experiencias de laboratorio. Una de ellas consistió en determinar el tipo de pigmento de las túnicas del ajo. Las túnicas de los ajos rojos o morados tienen unas vetas de color violáceo. El objetivo era determinar si se trataba de un pigmento del tipo antocianidinas, antoxantidinas o contenían una mezcla de ambos. Las antocianidinas (del griego *άνθος* (*anthos*): ‘flor’ + *κυανός* (*kyáneos*): ‘azul’) son pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células vegetales y que otorgan el color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores y frutos. Se puede entender que actúan como indicadores ácido-base, es decir, el color resultante está en función de la estructura que se encuentre en mayor proporción. A pH bajos se forma el catión Flavio (rojo). A túnicas de ajo y cebolla en disolución 0,1M de NaOH, a medida que aumenta el pH aparece la forma quinoidal (azul), en medio alcalino débil aparece la forma carbinol (incolora) y a pH básico se forma una charcona de color amarillo. La antocianidina, cuando se oxida -por ejemplo al reaccionar con H_2O_2 - da lugar a una estructura denominada malvona (incolora). Las antoxantidinas son similares a las antocianidinas pero se encuentran en estado menos oxidado. Se vuelven amarillas cuando se tratan con bases. El color verde puede resultar en el extracto básico de las plantas por la mezcla del azul de la antocianidina y del amarillo de la antoxantidina. En medio ácido, la antoxantidina se vuelve de color rojizo.

Los alumnos y alumnas con los que se desarrolló este proyecto cursaban 2º Bachillerato, aunque también hemos desarrollado versiones para estudiantes de la ESO. El proyecto sigue vivo y continúa su mejora al encontrar una aceptación tan positiva en el alumnado. Es imposible resistir la curiosidad, el reto de conocer el desenlace de un enigma al que no puede responder el todopoderoso Google. No conocían nada sobre los ajos, ni siquiera cómo era la planta. Los aspectos botánicos fueron desarrollados también en profundidad, a modo de anécdota el nombre del ajo es *Allium sativum*, que significa “ajo cultivado”. En efecto, los ajos no se dan en la naturaleza, son un “invento” de los humanos que vivían en Asia Central hace unos 4500 años, pura ingeniería genética.

El proyecto quedó finalista en el Concurso Internacional Ciencia en Acción 2013. Ciencia en Acción es una plataforma de proyectos de divulgación científica espectaculares y sorprendentes cuyo objetivo es fascinar al público que acuda durante el fin de semana. Este año se han recibido unos 300 trabajos de países de Latinoamérica (Colombia, Argentina, México...) y Europa (Portugal, España, Francia, Italia...). El concurso busca ideas innovadoras con las que acercar la

Ciencia a la ciudadanía y está organizado por instituciones científicas entre las que se encuentra la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), el Instituto de Ciencias Matemáticas (ICMAT), la Real Sociedad Española de Física (RSEF), la Sociedad Geológica de España (SGE) y la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). *Ciencia en Acción* presenta la cara más lúdica de la ciencia, la más amable, al tiempo que rigurosa.

El trabajo en el aula no se entiende sin un proceso de innovación continuo, es una necesidad. El nivel de calidad de nuestra enseñanza no es el deseable, las evaluaciones externas lo resaltan una y otra vez. No es que haya que cambiarlo todo, pero está claro que determinados métodos de enseñanza son más eficaces que otros. Formar a un alumno para la investigación cuesta mucho tiempo, nosotros empezamos desde que los colegios hacen la visita al IES, montamos un espectáculo de ciencias, un *show* en el que se les inculca el “virus de la curiosidad”. Ya los tenemos predispuestos favorablemente de cara a los futuros proyectos.

Lamentablemente, los contenidos de ciencias se asocian a algo complicado, y en cierta manera lo son, pero pueden ser presentados de forma diferente y conseguir resultados más esperanzadores. Nos gustaría destacar que introducir la investigación, utilizar la curiosidad como vehículo de transmisión de conocimientos, el sentido del humor como “engrasante” y demás aspectos poco ortodoxos, no implica falta de rigor al impartir los contenidos. El alumnado del curso pasado nunca olvidará que, durante meses, fueron capaces de sacarle los colores a un ajo. ¿Quién ha visto un ajo azul?

Bibliografía:

-Journal of Agricultural and Food Chemistry, Volume 54, Issue 3 (February 08,2006), p. 843-847, Identification of Two Novel Pigment Precursors and a Reddish-Purple Pigment Involved in the Blue-Green Discoloration of Onion and Garlic, written by Shinsuke Imai, Kaori Akita, Muneaki Tomotake, and Hiroshi Sawada.

- Block, Erik. *Garlic and Other Alliums: The Lore and The Science*. Ed. RSC Publishing. 2010.