

Química en pequeñas dosis: los tintes

Química en petites dosis: els tints

Chemistry in small doses: dyes

Javier Medina Fernández, Paz Posse Hernanz y Carmen Guerra Retamosa / Área de Ciencias y Educación. Parque de las Ciencias (Granada)



resumen

Este artículo explica la actividad «Los tintes», que forma parte de «Química en pequeñas dosis», un espacio permanente en el que se realizan pequeñas demostraciones y experimentos que se acompañan de curiosidades y utilidades relacionadas con el mundo de la química. La actividad introduce al visitante del museo en el fascinante mundo del color y de la síntesis química, a través de un recorrido en el tiempo sobre la utilización de algunos tintes o colorantes, la extracción de pigmentos vegetales y las relaciones luz y color, y tiene también entre sus objetivos el apoyo a la comunidad educativa.

palabras clave

Divulgación, tintes, extracción pigmentos vegetales, luz y color.

resum

Aquest article explica l'activitat «Els tintes», que forma part de «Química a petites dosis», un espai permanent on es realitzen petites demostracions i experiments que s'acompanyen de curiositats i utilitats relacionades amb el món de la química. L'activitat introdueix el visitant del museu en el fascinant món del color i de la síntesi química, a través d'un recorregut en el temps sobre la utilització d'alguns tintes o colorants, l'extracció de pigments vegetals i les relacions llum i color, i té també entre els seus objectius el suport a la comunitat educativa.

paraules clau

Divulgació, tintes, extracció pigments vegetals, llum i color.

abstract

This article explains the activity Dyes, part of Chemistry in small doses, a permanent space where small demonstrations and experiments with explanations about curiosities and utilities related to the world of chemistry are explained. The activity of the museum introduces visitors to the fascinating world of colour and chemical synthesis, through a journey in time on the use of certain dyes or colorants, the extraction of plant pigments and light and colour relationships, and also has supporting the educational community as one of its objectives.

keywords

Popular science, dyes, extraction of pigments of plants, light and colour.

Introducción

«Química en pequeñas dosis» se planteó, dentro de la celebración del Año Internacional de la Química (AIQ) 2011, como una actividad que pretendía introducir a los visitantes en el mundo de la historia de la química, a partir de unas sencillas experiencias acom-

pañadas de personajes históricos, polémicas científicas, anécdotas y curiosidades que articulan el discurso en torno a la demostración.

Se trata de una actividad dedicada al público general del museo con el objetivo de poner de manifiesto que la química es uno de los motores más impor-



Figura 1. Espacio «Química en pequeñas dosis».



Figura 2. Gel de baño ¿salado?



Figura 3. «Los tintes». Extracción de pigmentos fotosintéticos.



Figura 4. La electrónica tiene química.

tantes del bienestar de la sociedad actual. La actividad fue diseñada por el Departamento de Educación y Actividades y constaba de cuatro sesiones que se desarrollan en el *hall* del museo (fig. 1) en un horario definido.

Las experiencias propuestas fueron: preparación de una muestra de gel de baño (fig. 2), extracción de pigmentos (fig. 3), fabricación de un circuito impreso (fig. 4) y determinación de vitamina C (fig. 5). Dichos experimentos son perfectamente extrapolables al contexto de la educación formal y podrían adaptarse para ser incorporados al desarrollo curricular desde distintas disciplinas: ciencias de la naturaleza, biología, tecnología, física y química de secundaria y conocimiento del medio en la educación primaria. Se trata, por tanto, de una aproximación interdisciplinar. Actualmente se siguen haciendo las cuatro actividades que se diseñaron con motivo del

AIQ 2011 y se ofrecen al público en general.

En este artículo se presenta la actividad «Los tintes», que forma parte de «Química en pequeñas dosis», que obtuvo el primer premio en la categoría de demostraciones de química en la onceava edición de Ciencia en Acción.

Química en pequeñas dosis: los tintes

Objetivo, desarrollo e hilo conductor de la actividad

El objetivo de este centro de interés con enfoque CTS es reflexionar sobre la química del color a partir de la historia de los tintes, por su importancia económica y el papel que jugaron en la industria textil dentro de la revolución industrial. En el desarrollo de la actividad, se realiza una experiencia de laboratorio de extracción de pigmentos fotosintéticos que ejemplifica la presencia de compuestos responsables

del color en los vegetales y una técnica para su extracción y separación.

La actividad se desarrolla siguiendo un discurso interactivo y con soporte audiovisual y se estructura con un hilo conductor que sigue la evolución del tiempo, que se acompaña de una serie de imágenes, algunas de las cuales aparecen en este artículo. Es lo suficientemente versátil como para adaptarse al perfil del visitante, permitiendo hacer hincapié en los aspectos más anecdóticos, científico-técnicos o históricos, según sus intereses.

Se empieza con una pequeña charla en la que se pregunta a los visitantes sobre el color de su ropa, de su pelo y acerca del precio de la ropa en función de su color. Introducimos términos tales como *matices*, *tonos*, *sombras*, *profundidad*... todo aquello que despierta «la pasión por el color», pero ¿somos conscientes de la cantidad de compuestos químicos que hay detrás de nuestro universo en color?

A continuación, el discurso explica para qué son y para qué se utilizan los tintes, así como los pasos seguidos desde el empleo de productos naturales hasta la síntesis de sustancias con esta finalidad. Se explican las ideas que se exponen en los siguientes párrafos.

Los tintes sirven para dar a un objeto, generalmente un tejido, un color distinto al que tenía. Son



Figura 5. Vitamina C.

substancias capaces de teñir las fibras vegetales y animales. Hay tintes naturales y otros de origen sintético. Se han usado desde los tiempos más remotos, empleándose para ello diversas materias procedentes de vegetales (cúrcuma, índigo natural, etc.) y de animales (cochinilla, moluscos, etc.) así como distintos minerales.

La utilización de sustancias naturales como tintes se remonta a miles de años. Antes del 3000 a. C., los chinos conocían las técnicas de extracción y preparación. Los tintes se obtenían principalmente de las hojas, raíces y cortezas de las plantas. La mayoría de estos tintes no se adherían permanentemente a las fibras, que tenían que ser pretratadas con «mordientes», sustancias usadas en tintorería para fijar los colores a las fibras.

La síntesis de los primeros colorantes permitió la accesibilidad de todos los colores a todas las clases sociales, permitiendo así lo que podríamos denominar como la *democratización del color*. Este tema permite, además, señalar las implicaciones medioambientales de la síntesis de este tipo de compuestos, haciendo hincapié en la ambivalencia de la mayoría de los avances científico-tecnológicos. El problema de la contaminación ambiental asociada a la industria de los colorantes es bastante conocido,

Extracción de pigmentos fotosintéticos

Material

- Mortero
- Tijeras
- Embudo
- Gradilla con tubos de ensayo
- Placas de Petri
- Papel de filtro
- Material biológico: hojas de diferentes vegetales
- Alcohol

Procedimiento

1. Se trocean hojas de vegetales con las tijeras sobre un mortero.
2. Se cubren con alcohol y se trituran hasta lograr una buena homogeneización, para que el alcohol esté bien coloreado (fig. 6).
3. Se filtra el contenido del mortero sobre un vaso de precipitado.
4. Se vierte el filtrado en una placa de Petri y se coloca sobre ella un rectángulo de papel de filtro doblado por la mitad formando un ángulo.
5. Se espera hasta que el alcohol y los pigmentos vayan ascendiendo por el papel, produciéndose la separación cromatográfica.

La cromatografía es una técnica de separación que se basa en las diferentes velocidades de desplazamiento de los componentes de una mezcla en una fase estacionaria (en este caso, el papel) al ser arrastrado por una fase móvil. Permite así separar los distintos componentes.



Figura 6. Proceso de extracción del pigmento.

aunque tal vez lo sea menos el número de especies que se salvaron a partir de la síntesis en el laboratorio de determinados colorantes.

Por otro lado, se explica que las sustancias que dan colores diversos a los vegetales son los pigmentos fotosintéticos, que uno de ellos es la clorofila, res-

ponsable del color verde de las plantas, que tiene un papel importante en la fotosíntesis y se encuentra en los cloroplastos, en el interior de las células vegetales. Estos pigmentos son insolubles en agua pero solubles en disolventes como el alcohol o la acetona, y se realiza un experimento de extracción de pigmen-



Figura 7. Indigofera tinctoria.



Figura 8. Extracto de la planta.



Figura 9. Barra de colorante de índigo de India.

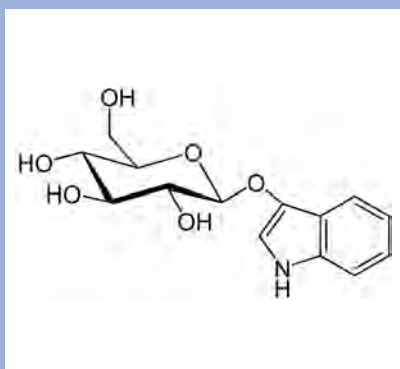


Figura 10. Indican (incoloro).

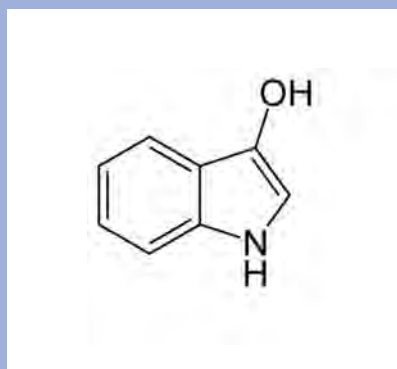


Figura 11. Indoxol.

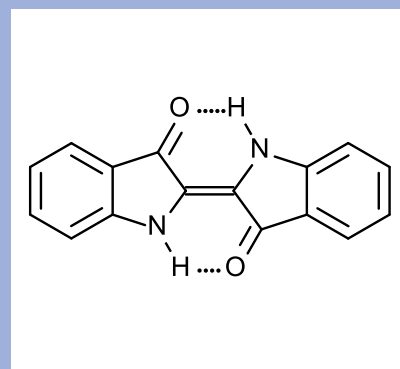


Figura 12. Índigo (azul).

tos. Al romper las células vegetales en el mortero, los pigmentos que se hallaban encerrados en los cloroplastos, en el interior de las células, pasan al alcohol. En numerosas ocasiones, uno de los pigmentos es más abundante y enmascara a los demás, que no se pueden observar. La separación se produce en la hoja de papel de filtro colocada sobre la placa, ya que estos se desplazan a distinta velocidad, permitiendo así la formación de distintas bandas. En la disolución extraída del vegetal tendremos, como mínimo, tantos pigmentos como bandas coloreadas aparezcan en la cromatografía.

El índigo y la púrpura de Tiro: desde sus orígenes hasta su síntesis

En el discurso expositivo de la actividad, se dedica especial atención al índigo y a la púrpura de Tiro, tintes de origen vegetal y animal, respectivamente. Se explican desde las leyendas de su descubrimiento en la Antigüedad hasta su proceso de síntesis, y se comentan las fórmulas químicas de las sustancias que contienen.

Los primeros tintes presentaban muchos problemas: dificultad de obtención, escaso rango de colores, que se iban perdiendo en los lavados y estropeándose al sol, etc. El azul fue un color muy buscado, puesto que, a diferencia del rojo o el amarillo,

no es muy frecuente en las plantas.

La *Indigofera tinctoria* (fig. 7), característica de climas tropicales y subtropicales, era una de las plantas de las que se podía obtener el azul. El índigo también se producía en zonas más templadas a partir de la *Isatis tinctoria*.

Las hojas frescas de estas plantas no son azules, pero, después de una fermentación alcalina, seguida de una oxidación, aparece el color azul (fig. 8 y 9). La extracción del tinte se sigue realizando en la actualidad en el coloreado de «prendas ecológicas». El precursor del índigo es el *indican*, que tras la fermentación básica se transforma en *indoxol*, el cual reacciona con el oxígeno del aire y produce el *índigo* (fig. 10, 11 y 12).

El índigo era una sustancia valiosa, pero el más caro de todos era la púrpura de Tiro, la cual fue usada por los fenicios en la ciudad de Tiro. En algunas culturas este color estaba restringido por ley al rey o el emperador.

Se conocen distintas leyendas que hacen referencia al descubrimiento de la púrpura de Tiro. Una de ellas cuenta que Herades, el dios fenicio protector de Tiro, paseaba con su perro cuando observó que el morro de este se coloreó de morado al morder una concha, y así nació el conocido tinte púrpura de Tiro. La mitología griega y romana atribuyen el

descubrimiento a Helena, cuando se encontraba paseando por la playa de Troya, donde permanecía cautiva. Helena hizo que le tiñeran un vestido con el color del que había quedado teñido su perro al morder un molusco, y se convirtió en la persona que por vez primera lució la que sería la más distinguida de las vestimentas.

La púrpura de Tiro se obtenía de la secreción de un molusco gasterópodo perteneciente al género *Murex* (fig. 13). Del compuesto secretado (fig. 14) se obtiene por oxidación la púrpura de Tiro (fig. 15), un dibromo derivado del índigo (fig. 12). El bromo se encuentra raramente en plantas o animales terrestres, si bien es abundante, como el cloro y el yodo, en el agua



Figura 13. *Murex brandaris*.

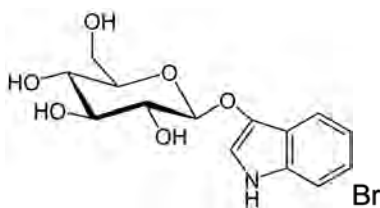


Figura 14. Compuesto secretado por el molusco (bromoindican).

del mar. Por eso no es sorprendente encontrar bromo incorporado en compuestos de fuentes marinas.

Se estima que se necesitaban nueve mil especímenes del molusco gasterópodo del género *Murex* para hacer 1 g de púrpura de Tiro, por lo que el procedimiento era muy lento y costoso. Además del increíble color que generaba la tintura, una vez fijada a un tejido su color no desmejoraba con el tiempo, sino que con el paso de los años iba adquiriendo un color más puro y apreciado. El potente tinte, que valía más que su peso en oro, se utilizó desde al menos el 1600 a. C. en Creta, donde las altas capas sociales lo adoptaron como símbolo aristocrático. Existen pruebas arqueológicas de esta «actividad química» en la costa oriental del Mediterráneo.

La producción y exportación de púrpura comenzó alrededor del 1200 a. C., alimentada por la expansión fenicia en el Mediterráneo. En el siglo III a. C., la púrpura de Tiro era más valiosa que el oro: solamente un 1 kg costaba tres veces el salario anual de un panadero romano.

La púrpura de Tiro coloreó las togas y vestiduras ceremoniales de los senadores romanos, los faraones egipcios y la nobleza y realeza europeas. Hacia el 400 d. C. el molusco estaba en peligro de extinción. La milenaria receta de la púrpura de Tiro se perdió en Occidente en 1453, cuando el

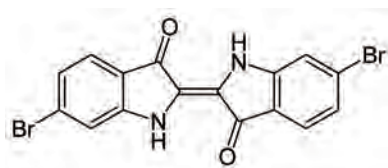


Figura 15. Púrpura de Tiro, resultado de la oxidación del bromoindican.

Imperio otomano conquistó Constantinopla.

En 1856 se redescubrió este tinte, cuando Félix Henri de Lacaze-Duthiers, un zoólogo francés, vio a un pescador tiñendo su camisa con este molusco. En 1909, el químico austriaco Paul Friedländer, mientras trabajaba en las propiedades químicas del tinte, vio que, a pesar de su diferente color, las estructuras químicas del índigo y de la púrpura de Tiro eran muy similares (fig. 12 y 15) y descubrió el principal componente químico de este colorante, el 6,6'-dibromoindigo, una sustancia que había sido sintetizada previamente, en 1903. No obstante, nunca ha sido sintetizada comercialmente.

El índigo (fig. 12) y la púrpura de Tiro (fig. 15) se obtuvieron a partir de productos naturales durante siglos, y no fue hasta finales del siglo XIX que una forma sintética de índigo estuvo disponible. En 1865, el químico alemán Johann Friedrich Adolf von Baeyer empezó a investigar la estructura del índigo. En 1880 pudo sintetizarlo a partir de materiales accesibles. Sin embargo, tuvieron que pasar unos diecisiete años hasta que la BASF lo preparara por otra ruta diferente que lo hiciera comercialmente viable. Este fue el principio del declive de la industria del índigo natural, que cambió la forma de vida de aquellos que dependían del cultivo y la extracción del índigo natural (fig. 16).

El índigo también está presente en la isatide o glasto (*Isatis tinctoria*), una variedad de la familia de las coles. La isatide, un tinte muy popular entre los celtas y los vikingos, se está utilizando ahora en los cartuchos de tinta para impresoras, ya que es menos perjudicial para el medio ambiente que los tintes sintéticos azules. El índigo sintético es muy sólido, no destiñe y es muy utilizado (fig. 17). Se usa fundamentalmente para teñir *jeans*, aunque hoy millones de vaqueros se tiñen con un *denim* índigo predes-teñido.

Otros tintes sintéticos

A principios del siglo XVIII, los tintes sintéticos cambiaron las viejas prácticas de los artesanos. El primero de los tintes fue el ácido pícrico, que producía un intenso color amarillo pero que tenía el «pequeño inconveniente» (como muchos compuestos nitro-

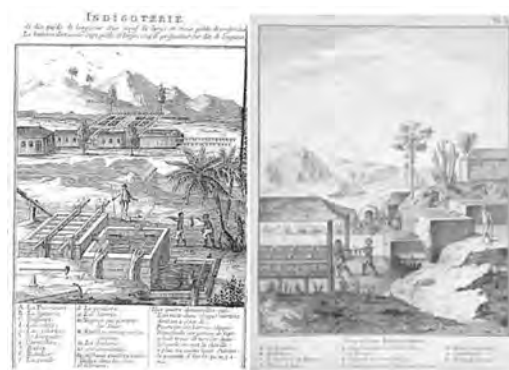


Figura 16. Representación de centro de producción de índigo. Publicado por Dutertre a mediados del siglo XVII.



Figura 17. Tintura de índigo en Nigeria, en la actualidad.

Tabla 1. Relación entre la luz absorbida y el color observado

λ de la luz absorbida (nm)	Zona del espectro visible	Color observado
400-430	Violeta, añil	Amarillo
430-470	Azul	Naranja
470-500	Azul, verde	Rojo
500-520	Verde	Púrpura
520-540	Verde, amarillo	Violeta
540-590	Amarillo	Añil
590-610	Naranja	Azul
610-700	Rojo	Verde

genados) de ser explosivo. La alizarina estuvo disponible en 1868 y el índigo, del que se habla en el apartado anterior, en 1880.

En 1856, William Henry Perkin revolucionó la industria del tinte. Perkin era estudiante de química en la London's Royal College of Chemistry e intentaba sintetizar la quinina, compuesto empleado en la cura y prevención de la malaria. Ninguno de sus intentos tuvo éxito, pero en uno de sus ensayos produjo una sustancia negra que, al disolverse en etanol, dio lugar a una solución púrpura que utilizó para teñir seda. Tras varias pruebas, comprobó la solidez del color y, consciente de que el color púrpura era escaso y caro y que su producto era comercialmente viable, envió una muestra a una compañía escocesa, que le respondió que si el proceso de tintado no encarecía la mercancía, era uno de los productos más interesantes que había salido al mercado. Con la ayuda económica de su padre, Perkin patentó su descubrimiento y montó una fábrica para producir el colorante a costes razonables. En 1859, el morado irrumpió en el mundo de la moda. Se convirtió en el color favorito de Victoria Eugenia, y la reina Victoria inauguró la Exposición Universal de Londres en 1862 vestida de morado.

El descubrimiento de Perkin tuvo enormes consecuencias. Procesos similares condujeron a más de dos mil tintes sintéticos derivados de la anilina o del alquitrán, que reemplazaron con gran eficacia a la industria milenaria de extracción de tintes a partir de productos naturales. Al tratarse de un nuevo procedimiento, Perkin tuvo que diseñar nuevos aparatos y procesos, desde grandes recipientes de vidrio para reemplazar a los metálicos, que eran atacados por los ácidos, pasando por dispositivos de enfriamiento que evitaran el sobrecalentamiento durante las reacciones, a la vez que evitaban, explosiones y escapes de gases tóxicos.

El negocio de los tintes fue el precursor de la industria química orgánica que produce fármacos, explosivos, pinturas, plásticos, pesticidas...

La supremacía de esta industria fue liderada por Alemania, que desarrolló la ciencia y la tecnología en la que se basaba gracias a la estrecha colaboración entre las universidades y la industria.

El descubrimiento y la explotación de los tintes ha dado lugar a la creación y el desarrollo de las grandes compañías químicas de la actualidad.

El descubrimiento de Perkin tuvo enormes consecuencias. Procesos similares condujeron a más de dos mil tintes sintéticos derivados de la anilina o del alquitrán, que reemplazaron con gran eficacia a la industria milenaria de extracción de tintes a partir de productos naturales

Estructura, luz y color

Los tintes son compuestos orgánicos coloreados que se incorporan a las fibras textiles y dan color por absorción de luz visible. La propiedad colorante está condicionada por la presencia en la molécula de grupos funcionales, llamados *cromóforos* (*chromos* = 'color'; *foros* = 'portador'), que determinan el color.

Si se cambia un grupo funcional por otro, se obtiene otro color u otro tono; así mismo, una diferente posición del grupo funcional en la molécula puede dar un color distinto. Hay grupos llamados *auxocromos* (*auxo* = 'aumentar'; *chromo* = 'color'), que por sí solos no producen color; sin embargo, cuando se encuentran en conjugación de un cromóforo, aumentan la intensidad del color.

La estructura molecular permite la absorción de ciertas longitudes de onda del visible, y el color depende de las longitudes de onda reflejadas. Si todas son absorbidas, ninguna se refleja y, por tanto, el tejido lo veremos negro; si ninguna es absorbida, todas son reflejadas, por lo que el tejido se verá blanco. La tabla 1 muestra los intervalos de longitud de onda correspondientes a las zonas del espectro visible y el color observado cuando un compuesto absorbe luz de estos intervalos de longitud de onda.

No resulta extraño que en la Antigüedad se sintiesen fascinados por el color púrpura. A diferencia de otros colores similares (violeta, morado, magenta o granate), la púrpura no es un color espectral, sino una mezcla de distintas tonalidades de rojo, azul, violeta y negro. Las tonalidades púrpuras son colores extraespectrales; de hecho, la púrpura no estaba presente en la rueda de color de Newton, aunque actualmente, en las ruedas modernas, se encuentra entre el rojo y el violeta (rojo-violeta, concretamente en la coordenada 1.640.099 de la gama cromática HTML). Puesto que las tonalidades púrpura solo se producen por dicha mezcla, debido a variaciones en la distribución de los conos receptores de azul y de rojo en la retina humana, entre unas personas y otras existe distinta sensibilidad a la hora de percibir la púrpura. Ante un mismo color púrpura, unas personas lo percibirán más cercano al azul; otras, al violeta, y otras, al rojo. Eso

explicaría por qué este color ha despertado tanta fascinación a lo largo de la historia y el hecho que la atracción ejercida por este color no haya sido igual en todas las personas y que no exista acuerdo entre los estudiosos de la teoría del color a la hora de clasificarlo.

Algunas consideraciones finales

Ante el éxito de la actividad, una vez finalizado el Año Internacional de la Química, desde el Departamento de Educación y Actividades nos planteamos modificar la actividad transformándola en un taller dedicado al público escolar. Se mantendría el mismo hilo conductor como contexto, de manera que el discurso histórico seguiría siendo el eje central de la actividad, pero haciendo hincapié en los contenidos curriculares, y el trabajo experimental lo realizarían los alumnos trabajando en grupo.

Al dar a conocer la actividad al profesorado ha contado con

gran aceptación, por ser considerada un buen recurso, adaptable a las aulas en función del objetivo de aprendizaje y el nivel de los alumnos, siempre aprovechando su enfoque CTS e interdisciplinar. Por este motivo se han presentado y discutido en este artículo los diversos aspectos de esta actividad.

Bibliografía

- GARFIELD, S. (2000). *Mauve: How one man invented a color that changed the World*. Londres: Faber and Faber.
- LONDON, S. J. (1988) *Química orgánica*. Barcelona: Reverté.
- LE COUTER, P.; BURRESON, J. (2004). *Napoleon's buttons: How 17 molecules changes History*. Nueva York: Tarcher.
- JOSELEVICH, M. (2011). «La química está en todos lados. ¿También en la pintura?». *Química Viva*, 10(3): 253-266.
- Parque de las Ciencias*. Granada: Consorcio Parque de las Ciencias (30 octubre 2012). <<http://www.parqueciencias.com>>



Javier Medina Fernández

Es director del Área de Ciencias y Educación del Parque de las Ciencias de Granada. Licenciado en Biología por la Universidad de Granada y máster en Gestión Ambiental. Ha realizado investigaciones diversas, estudios de impacto medioambiental y proyectos de gestión de espacios naturales. Es autor de artículos de comunicación científica y guías didácticas, y coordinador de numerosas exposiciones en colaboración con museos internacionales.



Paz Posse Hernanz

Es jefa del Departamento de Educación y Actividades del Parque de las Ciencias de Granada. Licenciada en Pedagogía por la Universidad Complutense de Madrid. Ha diseñado numerosas actividades, talleres, materiales y programas educativos y guías didácticas del museo. Ha publicado artículos sobre recursos educativos, museografía y comunicación científica, y ha participado como docente en cursos del máster de Museología de la Universidad de Granada.



Carmen Guerra Retamosa

Profesora de física y química de secundaria. Licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad de Córdoba. Experta universitaria en «Ciencia, Tecnología y Sociedad» por la UNED y máster en Museografía Interactiva por la Universidad de Barcelona. Es autora de recursos educativos, ha impartido cursos de formación y coordinado proyectos de innovación e investigación educativa. Actualmente trabaja en el Parque de las Ciencias como técnico de educación y actividades.