

Ideas para el aula

EL LABORATORIO EN CASA: IDEAS PARA REALIZAR TRABAJOS EXPERIMENTALES CON OBJETOS COTIDIANOS

Gabriel Pinto Cañón

E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, España. Reales Sociedades Españolas de Física y de Química.

E-mail: gabriel.pinto@upm.es

Recibido: 26/07/2020. Aceptado: 30/08/2020.

Resumen. Se introduce la relevancia del aprendizaje experiencial, desde los puntos de vista teórico (*cono de aprendizaje* de Dale, aprendizaje basado en la indagación, pensamiento crítico y complementariedad de metodologías) y legislativo (formación por competencias). Se recogen casos contextualizados que implican un resultado abierto, requieren búsqueda de datos y realización de experimentos por parte de los alumnos, y se pueden afrontar con objetos y productos cotidianos (agua, vaso, sal común, azúcar, aceite, recipientes cerámicos, legumbres, caldera de casa, comprimidos efervescentes, termómetro, balanza...) accesibles en el propio hogar. Se discuten algunos resultados y dificultades al respecto, tanto en alumnos como en el profesorado. Finalmente, se informa sobre fuentes de recursos educativos en este contexto. El objetivo es servir de inspiración para que el profesorado de ciencias de las distintas etapas educativas pueda promover el desarrollo de prácticas experimentales para sus alumnos, incluso en tiempos de confinamiento (como el causado por el COVID-19).

Palabras clave: aprendizaje basado en casos, aprendizaje experiencial, ciencia ciudadana, enfoques CTS (ciencia, tecnología y sociedad), indagación.

The laboratory at home: ideas to perform experimental works with everyday objects

Abstract. The relevance of experiential learning is introduced, from the theoretical (Dale learning cone, inquiry-based learning, critical thinking and complementary methodologies) and legislative (education by competences) points of view. A few contextualized cases are pointed out, characterized by aspects such as: open result, requiring data search and experiments by students, and can be addressed with everyday objects and products (water, glass, common salt, sugar, cooking oil, ceramic containers, legumes, home boiler, effervescent tablets, thermometer, balance ...) accessible at home. Some results and difficulties are discussed in this regard, both in students and in teachers. Finally, information on sources of educational resources in this context is reported. The objective is to serve as inspiration for science teachers at different educational stages to promote the development of experimental practices for their students, even in times of confinement (such as that caused by the COVID-19).

Key words: case-based learning; citizen science, experiential learning, inquiry-based learning, STS (science, technology and society) approaches.

INTRODUCCIÓN

El pasado año 2019 fue muy especial para la comunidad de docentes de química, por la celebración del *Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos* (Pinto, 2019). Lamentablemente el presente 2020 también ha sido muy especial, pero para mal, no solo para este ámbito de profesorado sino para el de todo el conjunto de áreas y etapas educativas, debido a la situación de pandemia provocada por el COVID-19 y los consiguientes periodos de confinamiento de la población en casi todos los países.

En este contexto, ha habido desde el primer momento un gran interés por parte de los diversos colectivos implicados en el ámbito educativo, por adecuarse a la *nueva realidad*. Entre otras iniciativas, se destaca la realización de un Ciclo de Seminarios Internacionales, promovidos desde el CIAEC (*Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica*), cuya sede está en la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, bajo el título de "Enseñar Ciencias Experimentales en Tiempos de Pandemia. Nuevas realidades y mediaciones". Las distintas intervenciones de los seminarios se recogen en el canal de *YouTube* de la citada Facultad (YouTube, 2020). Una de ellas fue la impartida por el autor de este trabajo —gracias a la generosa invitación de la coordinadora del ciclo, la Dra. Gabriela Lorenzo—, cuyo título es el mismo que su conferencia, impartida el 24 de julio de 2020. En este artículo se trazan las líneas generales de lo expuesto en ese evento online. Los objetivos fundamentales, tanto de la conferencia aludida como de este artículo, son:

- Introducir brevemente los marcos (teórico y legislativo) que promueven el aprendizaje experiencial.
- Promover el aprendizaje por indagación y el pensamiento crítico.
- Reflexionar sobre cómo la resolución de problemas y casos prácticos facilita la adquisición de competencias.
- Mostrar casos contextualizados que implican un resultado abierto, y requieren búsqueda de datos y realización de experimentos por parte de los alumnos; y todo ello con objetos cotidianos accesibles en el propio hogar.
- Discutir algunos resultados y dificultades, tanto en los alumnos como en el profesorado.
- Informar sobre algunas fuentes de recursos educativos en este contexto.

TRABAJOS EXPERIMENTALES CON OBJETOS Y MATERIALES DE USO COTIDIANO

En cuanto al marco teórico, la necesidad de realizar un aprendizaje experiencial en materias de química, física y otras ciencias, viene avalada, entre otros muchos aspectos, por la constatación de que se aprende de una forma más significativa cuanto mayor es la implicación del alumno. Un ejemplo es el conocido como *cono de la experiencia* o *pirámide de aprendizaje*, que se basa en la propuesta intuitiva del pedagogo norteamericano Edgar Dale sobre la instrucción visual y auditiva, en los años cuarenta del pasado siglo. Este *cono*, que se “sobredimensionó” a partir de las dos décadas siguientes, añadiendo (sin base científica) datos numéricos sobre la retención de información tras dos semanas, representa la profundidad del aprendizaje según se transmite con distintos medios educativos. En relación a los objetivos del presente artículo, en la base (ver Figura 1) se encontraría la experiencia directa —por ejemplo, mediante prácticas de laboratorio— y, por orden decreciente de relevancia, la realización de experiencias simuladas y demostraciones, y el visionado de películas. En todo caso, el propio Dale señaló que su teoría debía tomarse con mucha precaución y, obviamente, no se puede comparar la estructura y recursos técnicos de un vídeo educativo actual con los de una película formativa de hace más de 70 años.

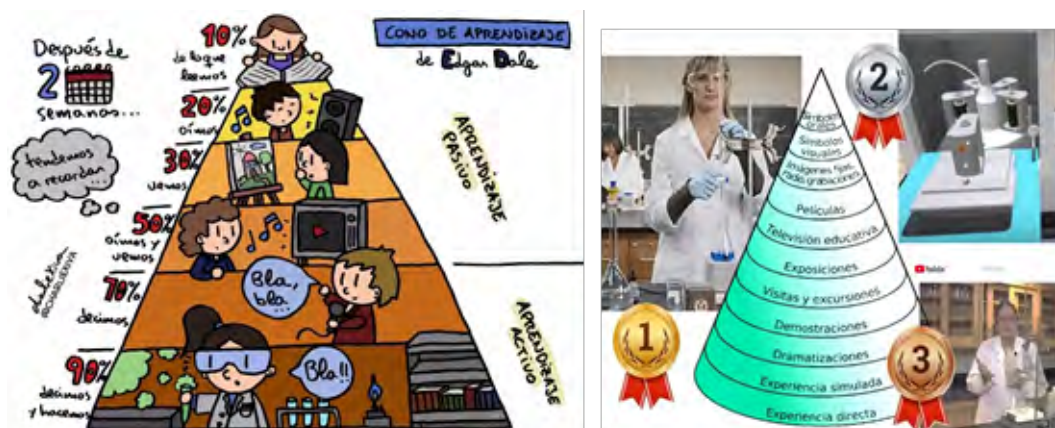


Figura 1. Ilustración contemporánea del conocido como "cono de Dale" o "pirámide del aprendizaje". A la derecha, se muestra el aspecto del cono inicial desarrollado por Edgar Dale en los años cuarenta, con ilustraciones sobre el orden de profundidad del aprendizaje mediante distintas metodologías (ver texto).

La complementariedad de las distintas metodologías educativas se ilustra de forma muy pedagógica en la imagen anónima seleccionada en la Figura 2, donde a las metodologías innovadoras de mediados del pasado siglo que se planteaban como complementarias al libro de texto, se ha añadido la caricatura de un ordenador, para representar la relevancia de las actuales TIC (tecnologías de la información y la comunicación).

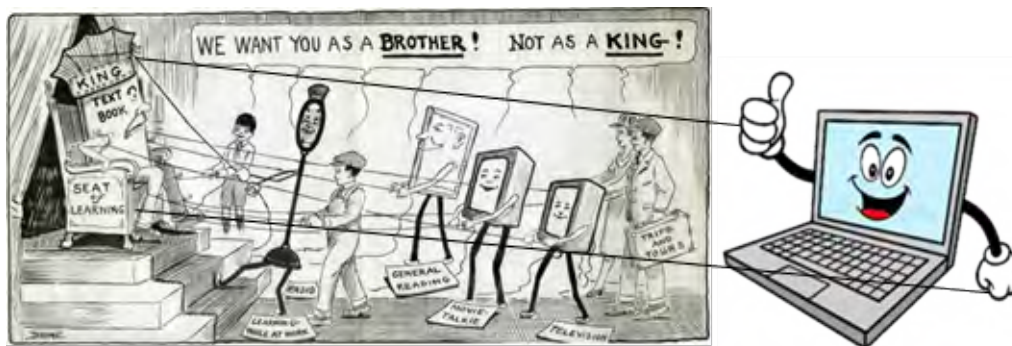


Figura 2. Ilustración sobre las ideas de Dale. OSU Ohio School of the Air (RG 8d6), Box 1. Ohio Teaches School by Radio, en los años cuarenta del siglo XX, actualizada con una recreación de un ordenador que representa los medios telemáticos contemporáneos.

No solo las teorías pedagógicas promueven el aprendizaje experiencial de las ciencias, en las diferentes etapas educativas, también lo hace la legislación vigente en casi todos los países, al incidir en el *aprendizaje basado en competencias*. En este modelo educativo, que se basa en la necesidad de aprender a “saber conocer, hacer y ser”, las prácticas de laboratorio son esenciales. Aunque profundizar en este aspecto excedería los objetivos de este trabajo, se menciona la importancia de las competencias no sólo para la formulación de objetivos educativos, sino para la realización de rúbricas adecuadas para su evaluación y de guías de aprendizaje a disposición de los alumnos, así como para los programas de evaluación de la calidad de las titulaciones.

El confinamiento de los últimos meses, en todas las latitudes, aparte de la terrible crisis sanitaria y social causada, ha impactado de forma notable en la metodología educativa. Así, se han puesto a prueba los medios telemáticos de los centros educativos, el rol del profesorado y la competencia de los alumnos, cuya generación es descrita desde hace años, especialmente por los medios de comunicación, como “nativos digitales”. Aparte de cuestiones como la falta de acceso adecuado a los medios digitales por distintos sectores de la población, muy variable según los países, o la falta de formación específica en los distintos colectivos, sí que se ha producido un avance importante, a nivel general, en el empleo de las TIC. Así, por poner un ejemplo, la celebración de reuniones, seminarios, congresos, etc. de profesores, que solían ser presenciales, se han desarrollado con interés creciente de forma virtual. Basten como ejemplos los seminarios organizados por el CIAEC, ya comentados, que reunieron a centenares de profesores de decenas de países (Figura 3), permitiendo la interacción y comunicación de ideas de forma efectiva.

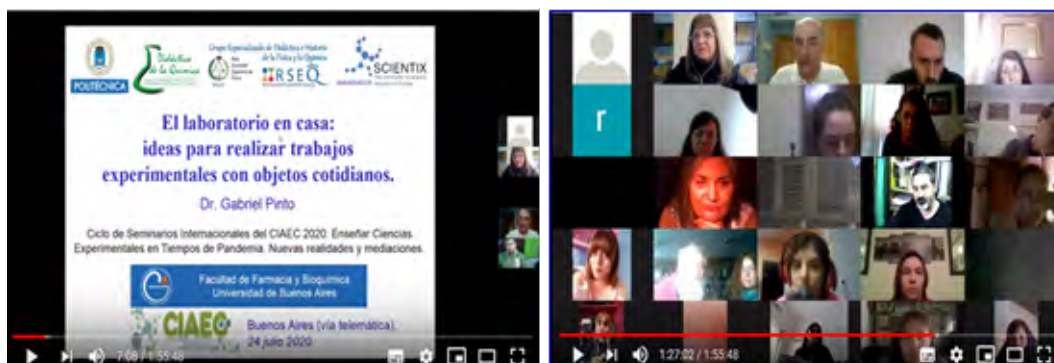


Figura 3. Imágenes de la reunión telemática, organizada por CIAEC, celebrada el 24 de julio de 2020 con la asistencia de 300 profesores de diversos países

De cara al próximo curso, 2020/21, parece que, a nivel general, se está planteando una educación semipresencial o telemática en muchas universidades y otras etapas educativas de todo el mundo. En relación a la realización de trabajos experimentales, la tesis que se defiende en este artículo es que, en bastantes áreas, es posible implementarlos de algún modo, si bien no de forma tan reglada como en los laboratorios convencionales, mediante sustancias y objetos cotidianos, en la propia casa. Para ello, se destacan como aspectos relevantes la potencialidad de la metodología IBSE (*Inquiry-based science education*) —de forma específica la enseñanza de ciencias por indagación dirigida—, y del desarrollo del pensamiento crítico. En este caso, que se refiere a un proceso mediante el cual “se usa el conocimiento y la inteligencia para llegar, de forma efectiva, a la posición más razonable y justificada sobre un tema”, se han de desarrollar habilidades como: razonar, evaluar, resolución de problemas, toma de decisiones, y analizar, por parte de los alumnos.

El desarrollo de experiencias científicas en el propio hogar no es una novedad. En la Figura 4 se recogen, a modo de ejemplo, las portadas de antiguos libros sobre ello: una edición actual de *La historia química de una vela* de Michael Faraday, donde explica conceptos científicos a partir de experiencias sencillas con una vela; una edición española de 1897 de *Las recreaciones científicas o la enseñanza por los juegos*, de Gaston Tissandier; y *The golden book of Chemistry experiments: How to set up a home laboratory – Over 200 simple experiments*, de Robert Brent. Estos y otros libros bien conocidos pueden ser fuente de inspiración para el profesorado. Deben tomarse en el contexto en el que fueron escritos; así, el último ha sido objeto de discusión por desarrollar experiencias, como la obtención de cloro, que requieren extremar las precauciones en un laboratorio. También se sugieren, como fuentes de inspiración, multitud de textos de química o ciencia de la cocina, como uno de los escritos al respecto por Claudi Mans (2010). Efectivamen-

te, la cocina es un entorno análogo a un laboratorio de química: hay que adquirir reactivos (alimentos, bebidas, vinagre, aceite, sal común, levadura...), tener acceso al agua y a fuentes de energía (gas ciudad, electricidad...), realizar procesos físicos (formación de emulsiones, batir, tamizar, machacar...) y químicos (distintos tipos de cocinado), obtener nuevos productos, tratar residuos de distinto tipo, usar dispositivos como el extractor de gases y, muy importante, guardar las medidas necesarias de prevención de riesgos. Aparte de la cocina, en el hogar siempre hay productos químicos (agentes limpiadores, medicamentos como comprimidos efervescentes y antiácidos, etc.) susceptibles de emplearse para realizar experimentos, con el cuidado pertinente. Y el propio ordenador, teléfono móvil o dispositivos análogos, también son susceptibles de usarse para experimentar. Por ejemplo, existe la aplicación gratuita *Science Journal* de Google que permite, además de hacer ciertas mediciones, desarrollar un cuaderno digital de ciencias. A través de estos dispositivos se pueden adquirir mediante compra por internet, instrumentos como termómetros digitales o minibalanzas digitales de adecuada resolución y precio muy asequible —menos de siete euros por unidad—, si no se disponen en la propia casa. Por poner algún ejemplo, aparatos del hogar, como una caldera, una cafetera, una olla a presión o el microondas, son recursos sobre los que los alumnos pueden trabajar casos experimentales o prácticos (Pinto y Prolongo, 2019).



Figura 4. Portadas de algunos libros históricos con propuestas para realizar trabajos experimentales con objetos cotidianos en casa

PROPUESTAS PARA EXPERIMENTAR CON ASPECTOS DE LA VIDA COTIDIANA

El autor de este trabajo lleva cerca de 35 años desarrollando distintos recursos educativos, que ha ido completando y actualizando con la práctica docente. Lo que en un principio planteó como casos para mostrar la utilidad y el carácter aplicado de la química para alumnos de primeros cursos de ingeniería, fue evolucionando y acomodándose, sucesivamente, a ejemplos de "ciencia y vida cotidiana", formación en competencias, aproximaciones STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) y, actualmente, "aprendizaje en tiempos de confinamiento". En los últimos años, ha difundido algunos de estos casos en actividades de divulgación científica para todos los públicos y en cursos de formación del profesorado de distintas etapas educativas. (Pinto, 2003; Pinto, 2005; Pinto, 2007; Martínez Urreaga, Pinto, 2009; Pinto, Martín Sánchez, 2012. ; Pinto, Martín Sánchez, Martín Sánchez, 2013).

Los objetivos de estos recursos son:

- Favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje, especialmente en lo que atañe a la comprensión de conceptos.
- Promover la motivación, tanto de alumnos como de profesores.
- Contribuir a la formación ciudadana, a través de enfoques del tipo CTSA (ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente), ciencia del consumidor y para la promoción de la responsabilidad social.
- Facilitar la formación en competencias variadas: aprendizaje STEM, resolución de problemas, experimentación, búsqueda y análisis de datos, trabajo en equipo, elaboración de documentos e informes —donde se detallen objetivos, descripción del trabajo, materiales utilizados, tablas, gráficas, unidades adecuadas, redondeos, expresión de resultados...—, etc.
- Avanzar en la interdisciplinariedad.
- Fomentar el pensamiento crítico y la indagación.
- Ofrecer fuentes de inspiración para otros colegas, para afrontar con estas perspectivas nuevos casos y temáticas acordes a diversas asignaturas.
- Dado que los casos que se muestran se expusieron en publicaciones anteriores que se referencian, aquí simplemente se aporta un breve esbozo de cada uno.

Caso 1. Velocidad de fusión del hielo (Pinto, Lahuerta, 2015)

Es un ejemplo que utiliza el autor tanto en talleres de divulgación científica como el primer día de clase (asignatura de Química en primer

curso universitario de Grado en Ingeniería Química) para introducir a los alumnos en el método científico. Se parte de la pregunta: ¿dónde funde antes un cubito de hielo, en agua o en agua saturada de sal común? Tras discutir las distintas opiniones, se deduce que, para resolverlo, lo mejor es hacer un experimento al respecto. La experimentación —que requiere medios muy sencillos, como agua, sal común y un vaso— concluye que, contrariamente a lo que piensa la mayoría de la gente, funde antes en agua, debido a las densidades implicadas y la generación, en este caso, de corrientes de convección fácilmente visibles con ayuda de una gota de colorante alimentario. Este estudio experimental, que se puede hacer perfectamente en casa, de forma individual o en equipo, se puede complementar con otros experimentos para ampliar conocimientos: empleo de otras sustancias cotidianas (como azúcar en vez de sal, uso de otro líquido como aceite o etanol en vez de agua, etc.), variar las concentraciones, intentar congelar agua con el propio colorante para ver cómo funde el hielo —se observa que el colorante se acumula en la parte central del hielo y no de forma homogénea—, etc. Por ejemplo, unos alumnos intentaron congelar diferentes tipos de bebidas, encontrando que con vodka no se podía —descubrieron por sí mismos un efecto del descenso crioscópico que se provoca con una cantidad tan elevada de etanol en agua, del orden de 40°—. Una vez analizado el trabajo, se pueden discutir con los alumnos algunas implicaciones asociadas, como la importancia de las corrientes termohalinas de los océanos y, con ellas, un tema de vigente actualidad: el transporte de microplásticos en el fondo de los mares.

Caso 2. Hidratación osmótica de legumbres (Pinto, Esín 2004)

Los alumnos deben medir, en su casa, la variación que se produce en la masa de legumbres de distinto tipo (garbanzos, judías, lentejas...) con el tiempo, al sumergirse en agua, del mismo modo a como se preparan usualmente para guisar. La masa crece, como consecuencia de la hidratación que se produce promovida por ósmosis. Aparte de preparar adecuadamente el procedimiento, los alumnos deben recabar datos experimentales, hacer tablas y gráficas, y trabajar sobre ellas para, por ejemplo, calcular la velocidad instantánea de hidratación —a partir de la pendiente de la recta tangente a la curva de masa frente a tiempo, en el origen— a varias temperaturas. Con un tratamiento adecuado, que implica representar el logaritmo neperiano de las velocidades iniciales de hidratación frente a la inversa de la temperatura absoluta, pueden obtener la energía de activación del proceso suponiendo que sigue un comportamiento tipo Arrhenius. También se puede estudiar de este modo la influencia de otros factores como la concentración de sal en la cinética de hidratación.

Caso 3. Disolución de comprimidos efervescentes (Pinto, 2000)

El trabajo experimental es similar al anterior, dado que los alumnos deben medir el tiempo que tardan “en desaparecer” comprimidos efervescentes, siempre presentes en el botiquín del hogar, a temperaturas diferentes, en agua. Con el conveniente tratamiento de los datos experimentales, también pueden calcular la energía de activación del proceso, que se trata de un conjunto de procesos químicos (con reacciones como del tipo ácido-base y de formación de CO_2) y físicos (como las disoluciones de las especies integrantes del comprimido).

Caso 4. “Salto” del agua en aceite caliente (Pinto, Gauthier, 2009)

Los alumnos deben discurrir por qué al añadir una gota de agua en aceite caliente (como para freír alimentos) se produce un “salto” característico (apreciable, por ejemplo, al guisar alimentos, dada la presencia de agua en ellos), mientras que si se procede al revés, no se aprecia. Deben elucubrar y descubrir que son fenómenos que se producen por: (i) la mayor densidad del agua (que se hunde en el aceite); (ii) el hecho de que la temperatura del aceite caliente para cocinado es del orden de 160°C a 180°C , por lo que el agua (con punto de ebullición normal de 100°C) hierve súbitamente al contactar con el aceite; e (iii) son dos sustancias inmiscibles. Cuando se añade una gota de aceite sobre agua caliente (cerca de 100°C), la gota simplemente se extiende por la superficie y permanece líquida, dado que el aceite es menos denso, no es miscible con el agua (como ya se ha indicado) y no hierve. Este trabajo lo pueden completar los alumnos buscando sobre la composición y estructura molecular de las sustancias implicadas, así como discutir aplicaciones formativas de interés, como precauciones necesarias para freír alimentos y el procedimiento adecuado para sofocar incendios producidos por el aceite en la cocina (U. K. Home Office)

Caso 5. Bebidas autocalentables (Oliver-Hoyo, Pinto, Llorens-Molina, 2009; Pinto, Oliver-Hoyo, Llorens-Molina, 2009)

Dentro del campo cada vez más variado y peculiar de los envases activos —diseñados para mejorar la seguridad alimentaria, mantener la calidad del alimento envasado y alargar su vida útil—, destacan los que se comercializan con el nombre genérico de “bebidas autocalentables”. Aunque poseen más de un siglo de existencia, con especial éxito en el campo militar y del excursionismo, no son muy conocidos por la población y no siempre están accesibles en establecimientos ordinarios. Aunque actualmente no se comercializan en España en establecimientos no especializados, sí que lo fueron durante las últimas dos décadas, inicialmente en dispositivos basados en el desprendimiento de calor producido por la disolución de cloruro de calcio en agua y, posteriormente, basados en el carácter exotérmico de la reacción de hidratación del óxido de

calcio para producir hidróxido de calcio. Mediante la lectura detenida de la etiqueta del producto y medidas de temperaturas (inicial y final) y de las masas de las sustancias implicadas, se planteó una propuesta en la que los alumnos, mediante indagación dirigida, deben ir descubriendo una serie de datos y hacer cálculos de termoquímica, que explican el proceso. También se propuso como actividad para que los alumnos diseñaran y realizaran prototipos de envases para “bebidas autoenfriables” (Prolongo, Pinto, 2010); en este caso, con la implicación de reacciones endotérmicas en vez de exotérmicas.

Caso 6. Enfriamiento en recipientes cerámicos (Pinto, Martín Sánchez, Martín Sánchez, 2017)

Hace ya más de 25 años, el autor de este trabajo y el Prof. José Ignacio Zubizarreta abordaron, con motivos educativos, el estudio del enfriamiento que se produce en el agua contenida en los recipientes cerámicos conocidos en España como botijos (Zubizarreta, Pinto, 1995). Usados desde siglos antes, producto de la sabiduría popular, existía cierta controversia sobre si realmente enfriaban el agua o simplemente la mantenían fresca aprovechando el carácter aislante del material cerámico. Las medidas (tiempo y pérdida de masa de agua por evaporación) y su procesado correspondiente permitieron plantear dos ecuaciones diferenciales que cuantifican la velocidad de evaporación del agua y su variación de temperatura. Efectivamente, se concluyó que el agua se enfría, debido a su calor de vaporización. Los parámetros implicados y el tratamiento matemático lo hacen un problema adecuado para últimos cursos de estudios de ingeniería pero, también, con la conveniente orientación, para cursos iniciales universitarios e incluso etapas educativas previas. El ejemplo se enriquece cuando se tratan otras aplicaciones y aspectos relacionados, como son: explicación de la temperatura que limita el enfriado (temperatura de bulbo húmedo); importancia del clima (debe ser seco y caluroso), que explica por qué no es conocido en todos los países y sí (con distintas versiones) en otros, como los de la cuenca mediterránea; efecto de la temperatura en la conservación de alimentos —por ejemplo, observando las fechas recomendadas de consumo en alimentos congelados, en función de las “estrellas” o temperatura del congelador que, con un tratamiento adecuado permitiría obtener la energía de activación del proceso de su degradación—; o el estudio de los recipientes africanos conocidos como *pot-in-pot*, diseñados por el profesor nigeriano Mohammed Abba y que tuvieron importantes resultados de tipo CTS (ciencia, tecnología y sociedad), al permitir que las niñas de diversos poblados pudieran ir al colegio, al conseguir la conservación adecuada de productos vegetales que, de otro modo, tenían que vender a diario (Muñoz, 2018). Todos estos temas pueden trabajarse desde casa, de forma experimental, requiriendo para ello solo un termómetro, una balanza y algún recipiente de cerámica porosa (cuestión

clave para que exude el agua antes de evaporarse). Así, se pueden preparar dispositivos *pot-in-pot* con macetas cerámicas comerciales de distinto diámetro, separándolas con arena humedecida, y observando la diferencia de conservación de alimentos dentro y fuera.

Caso 7. Calderas domésticas de condensación (Pinto, 2013)

Se podría considerar que es el caso contrario al anterior. Ahora, la condensación del agua, forzada en una caldera denominada por ello “de condensación”, genera más calor que la caldera convencional. A través de diversas informaciones sobre el tema los alumnos, tras indagar sobre la composición del combustible utilizado (en España suele ser gas natural), y buscar datos termoquímicos (variaciones de entalpía de formación de las sustancias implicadas), deben llegar a la conclusión de que este tipo de calderas, promocionadas y subvencionadas por las autoridades, suponen un ahorro de combustible y, por ende, una disminución de emisiones de CO₂ próximos al 10%. La introducción de este tema supone también un enfoque CTS, como en el caso anterior.

Caso 8. Análisis del etiquetado e información de productos comerciales (Pinto, Prolongo, 2013)

A partir del ámbito de las etiquetas de multitud de productos, descritas con detalle por autores como Claudi Mans(2007), y otras informaciones sobre dispositivos y productos comerciales accesibles en internet, se puede abordar la resolución de casos, mediante tratamientos cuantitativos basados en la estequiometría con ejemplos como: composición de medicamentos (Pinto, 2001; Pinto, 2005; Prolongo, Corominas, Pinto, 2014) y dentífricos (Pinto, 2009), productos antipolilla (Pinto, 2005), botellas de agua mineral (Pinto, Oliver-Hoyo, 2008), o la relación entre consumo de combustible y emisión de CO₂ por automóviles (Oliver-Hoyo, Pinto, (2008). Este tipo de casos puede servir también para discutir sobre información pseudocientífica que se ofrece en diferentes medios.

Con objeto de encontrar recursos adecuados y fuentes de inspiración para generar recursos educativos que permitan la realización de trabajos experimentales con objetos cotidianos (Pinto, 2020), en asignaturas específicas, se recomiendan, entre otros —como revistas específicas (esta misma *Educación en la Química*, *Journal of Chemical Education*, *Anuario Latinamericano de Educación Química*, *Educación Química*, *Anales de Química*, *Revista Española de Física*, *Educación Química...*)—, los recogidos en la tabla 1.

Tabla 1. Algunas fuentes de recursos para realizar trabajos experimentales con objetos cotidianos en el propio hogar.

Recurso	Dirección web
Scientix, proyecto europeo que promueve la educación STEM	http://www.scientix.eu/
Science in School. The European journal for science teachers	https://www.scienceinschool.org/
The Salters' Institute	https://www.saltersinstitute.co.uk/
Jornadas sobre investigación y didáctica STEM	http://www.epinut.org.es/CDC/6/
Espiciencia: Comunidad de aprendizaje científico	https://www.espiciencia.com/info
STEM Learning	https://www.stem.org.uk/
Trabajos de G. Pinto recogidos en la plataforma Researchgate	http://bit.ly/2pfEUPx

CONCLUSIONES

Sin poder sustituir plenamente, por múltiples motivos —condiciones generales, medidas de seguridad, disponibilidad, instrumentación, material, equipos, reactivos, etc.—, al laboratorio convencional, se han sugerido en este trabajo distintos casos y fuentes de recursos que, de algún modo, permiten resolver problemas y elucubraciones mediante la realización de trabajos experimentales con objetos cotidianos. Aunque se idearon para otros contextos —tareas en casa, educación STEM (Prolongo, Pinto 2019), educación por competencias, resolución de problemas, etc.)— pueden ser idóneos, esencialmente como fuente de inspiración, para que los alumnos trabajen en su propio hogar en tiempos de confinamiento, como el que ha tenido lugar durante el año 2020 a causa de la pandemia causada por el COVID-19.

No se trata simplemente de “hacer divertida” la ciencia. De hecho, este tipo de herramientas no siempre es recibido de forma positiva ni por muchos alumnos ni por muchos docentes. Entre otros motivos, la necesidad de buscar datos y plantear la metodología, así como la propia problemática inherente a la experimentación y el carácter abierto del resultado, encuentran cierto rechazo en los que buscan simplemente resolver ejercicios “tipo”. Basta comparar dos respuestas dadas por alumnos de la misma clase cuando a final de curso evaluaron el trabajo del profesor mediante encuestas anónimas; uno comentó que “se nota su pasión por la asignatura: utiliza ejemplos prácticos...”, mientras que otro indicó: “encarga tareas de cosas que no están en el temario, como las calderas de condensación...”. Además, estas metodologías requieren más tiempo por parte del profesorado, tanto en su preparación como en su seguimiento y evaluación; pero, al menos a juicio del autor, son más enriquecedoras y motivadoras que la enseñanza más convencional.

Obviamente, nadie desea que se repita una situación tan terrible como la que causó el confinamiento a nivel prácticamente mundial, pero aparte de haber sido una oportunidad para analizar las debilidades y las fortalezas inherentes a la práctica educativa, ha sido también una ocasión para discutir las amenazas y oportunidades correspondientes. Una de las oportunidades para asignaturas de ciencias, aparte del desarrollo de metodologías telemáticas, ha sido precisamente de implementar actividades experimentales, con las convenientes precauciones, en el propio hogar.

AGRADECIMIENTO

Se agradece la invitación recibida de la Profesora Gabriela Lorenzo para impartir la conferencia telemática que fue la base de este artículo. También se agradecen los apoyos recibidos de la Universidad Politécnica de Madrid a través del proyecto de innovación educativa IE1920.0502 "Fomento del aprendizaje STEAM basado en la indagación", y de la Obra Social "la Caixa" que financió el proyecto "Ciencia y tecnología para la sociedad del siglo XXI".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mans, C. (2007). *Los secretos de las etiquetas: La química de los productos del hogar*, Ed. Ariel, Barcelona.
- Mans, C. (2010). *Sferificaciones y macarrones: La ciencia de la cocina tradicional y moderna*, Ed. Ariel, Barcelona.
- Martínez Urreaga, J., Pinto, G. (Editores) (2009). *La química como materia básica de los Grados de Ingeniería*, Sección de Publicaciones de la E.T.S.I. Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Muñoz, A. (2018). *Un botijo frigorífico para que las niñas de Nigeria puedan ir a la escuela*, Agencia SINC (Servicio de Información y Noticias Científicas de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT), 25 de junio de 2018, <https://bit.ly/2K5p0Wp>
- Oliver-Hoyo, M. T., Pinto, G., Llorens-Molina, J. A. (2009). The Chemistry of self-heating food products: An activity for classroom engagement, *Journal of Chemical Education*, 86, 1277-1280.
- Oliver-Hoyo, M. T., Pinto, G. (2008). Using the relationship between vehicle fuel consumption and CO₂ emissions to illustrate chemical principles, *Journal of Chemical Education*, 85, 218-220.
- Pinto, G. (2000). Experimenting with a fizzy tablet, *Education in Chemistry*, 37, 71, 81.
- Pinto, G. (2001). Stoichiometry applied to an iron medicine, *Education in Chemistry*, 38, 150.

- Pinto, G. (Editor) (2003). *Didáctica de la química y vida cotidiana*, Sección de Publicaciones de la E.T.S.I. Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Pinto, G., Esín, A. (2004). Kinetics of the osmotic hydration of chickpeas, *Journal of Chemical Education*, 81, 532-536.
- Pinto, G. (2005). Stoichiometry of calcium medicines, *Journal of Chemical Education*, 82, 1509-1512.
- Pinto, G. (2005). Chemistry of moth repellents, *Journal of Chemical Education*, 82, 1321-1324.
- Pinto, G. (Editor) (2005). *Didáctica de la física y la química en los distintos niveles educativos*, Sección de Publicaciones de la E.T.S.I. Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Pinto, G. (Editor) (2007). *Aprendizaje activo de la física y la química*, Ed. Equipo Sirius, Madrid.
- Pinto, G., Oliver-Hoyo, M. T. (2008). What is in your bottled water? Look at the label!, *The Chemical Educator*, 13, 341-343.
- Pinto, G. (2009). Fluorine compounds and dental health: Applications of general Chemistry topics, *Journal of Chemical Education*, 86, 185-187.
- Pinto, G., Gauthier, C. V. (2009). Spattering and crackle of hot cooking oil with water, *Journal of Chemical Education*, 86, 1281-1285.
- Pinto, G., Oliver-Hoyo, M. T., Llorens-Molina, J. A. (2009). Enjoy a hot drink, thanks to Chemistry!, *Journal of Chemical Education*, 86, 1280A-1280B.
- Pinto, G., Martín Sánchez, M. (Editores) (2012). *Enseñanza y divulgación de la química y la física*, Editorial Garceta. Madrid.
- Pinto, G. (2013). Termoquímica de las calderas domésticas de condensación: Un caso de aprendizaje contextualizado por indagación dirigida, *Educación Química*, 14, 29-38.
- Pinto, G., Martín Sánchez, M., Martín Sánchez, M.T. (2013). *La vida cotidiana en la enseñanza de la química y de la física*, pp. 309-317 del libro "Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato", M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (Editores), Ed. Santillana, Madrid.
- Pinto, G., Prolongo, M. L. (2013). Stoichiometry in context: Inquiry-guided problems of Chemistry for encouraging critical thinking in engineering students, *International Journal of Engineering Pedagogy*, 3, 24-28.

- Pinto, G., Lahuerta, P. (2015). Velocidad de fusión del hielo en distintas disoluciones: Un ejemplo de aprendizaje activo de la ciencia, *Educación Química*, 21, 54-62.
- Pinto, G., Martín Sánchez, M., Martín Sánchez, M.T. (2017). *Enfriamiento del agua en recipientes cerámicos porosos: Un recurso para la formación en competencias*, pp. 413-422 del libro "IV Congreso de Docentes de Ciencias de la Naturaleza: Jornadas sobre Investigación y Didáctica en ESO y Bachillerato", M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (Editores), Ed. Santillana, Madrid.
- Pinto, G. (2019). La tabla periódica como recurso imprescindible para el aprendizaje y la divulgación de las ciencias, *Educación en la Química*, EDENLAQ, 25(2), 17-52.
- Pinto, G. y Prolongo, M. (2019). *De la dificultad en la comprensión del concepto de presión de vapor al fundamento de la olla exprés: Una aproximación práctica a la educación STEM*, pp. 209-217 del libro "Experiencias Didácticas en el ámbito STEM: Investigación y Didáctica en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas", M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (Editores), Ed. Santillana, Madrid.
- Pinto, G. (2020). Química y vida cotidiana, *Boletín de Divulgación Científica y Cultural Editado por el Ilustre Colegio Oficial de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras y en Ciencias*, 291, 14-18.
- Pinto, G. (2020). Seminario "El laboratorio en casa: ideas para realizar trabajos experimentales con objetos cotidianos". <https://bit.ly/3fbZolq>
- Prolongo, M. L., Pinto, G. (2010). Las bebidas autocalentables y autoenfriables como recursos para un aprendizaje activo, *Educación Química*, 7, 4-14.
- Prolongo, M. L., Corominas, J., Pinto, G. (2014). Química de los medicamentos de hierro: Propuestas educativas contextualizadas, *Anales de Química*, 110, 218-224.
- Prolongo, M., Pinto, G. (2019). *La educación STEM: Ejemplos prácticos e introducción al proyecto europeo Scientix*, pp. 451-460 del libro "Experiencias Didácticas en el ámbito STEM: Investigación y Didáctica en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas", M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz y A. Brandi Fernández (Editores), Ed. Santillana, Madrid.

- U. K. Home Office, *Cooking oil fire*, <https://bit.ly/3jVpnkE>
- Youtube. (2020). Canal de *Youtube* de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires. <https://bit.ly/30czV77>
- Zubizarreta, J. I., Pinto, G. (1995). An ancient method for cooling water explained by means of mass and heat transfer, *Chemical Engineering Education*, 29, 96-99.