
Revista de Estudios y Experiencias en Educación

REXE

journal homepage: <http://revistas.ucsc.cl/index.php/rexe>

Esterilización de mascarillas higiénicas con métodos físicos. Un estudio de caso con estudiantes de secundaria españoles

Jesús Ramón Girón-Gambero^a y Antonio Joaquín Franco-Mariscal^b
I.E.S. Isaac Albéniz^a. Universidad de Málaga^b. Málaga, España


Recibido: 20 de julio 2021 - Revisado: 30 de diciembre 2021 - Aceptado: 08 de marzo 2022

RESUMEN

La situación actual de pandemia por COVID-19 se convierte en un contexto ideal para tratar en el aula de ciencias conocimientos sobre la energía en general, y la radiación y el calor en particular, aplicadas a la esterilización de mascarillas higiénicas. Este trabajo recoge una experiencia desarrollada con 26 estudiantes españoles de secundaria de 13-14 años centrada en métodos físicos de esterilización de mascarillas con radiación ultravioleta y convección de calor empleando la metodología de aprendizaje basado en proyectos. Los resultados de la experiencia, evaluada a través de una actividad competencial, muestran que el alumnado es capaz de aplicar sus conocimientos con éxito a situaciones reales y contextos diferentes a los estudiados en el aula, desarrollando un nivel de competencias científicas medio-alto. Asimismo, un cuestionario de valoración revela que los estudiantes perciben este aprendizaje, así como que han adquirido conocimientos útiles para resolver problemas de la vida diaria.

Palabras clave: COVID-19; mascarillas; esterilización; radiación ultravioleta; calor; competencias científicas.

*Correspondencia: [Jesús Ramón Girón-Gambero](mailto:jesus.ramon.giron-gambero@uma.es) (J. Girón-Gambero).

^a  <https://orcid.org/0000-0002-6388-0178> (jesusr.giron@gmail.com).

^b  <https://orcid.org/0000-0002-8704-6065> (anjoa@uma.es).

Sterilization of hygienic masks with physical methods. A case study with Spanish high school students

ABSTRACT

The current situation of the COVID-19 pandemic becomes an ideal context to address in the science classroom some knowledge about energy in general, and radiation and heat in particular, applied to the sterilization of hygienic masks. This paper reports an experience developed with 26 Spanish secondary school students aged 13-14 years focused on physical methods for sterilization of masks with ultraviolet radiation and heat convection using the project-based learning methodology. The results of the experience, evaluated through a competency-based activity, show that students are able to apply their knowledge successfully to real situations and contexts different from those studied in class, developing a medium-high level of scientific competences. Likewise, an evaluation questionnaire reveals that students also perceive this learning, as well as that they have acquired useful knowledge to solve daily life problems.

Keywords: COVID-19; masks; sterilization; ultraviolet radiation; heat; scientific competences.

1. Introducción

En la actualidad, el uso de mascarillas y su posible reutilización asociado al contexto de pandemia mundial provocado por la COVID-19 se presenta para el profesorado como una oportunidad para que los estudiantes desarrollen competencias científicas aplicando conocimientos científicos para resolver una situación cotidiana (Abril et al., 2021; Domènech, 2018). En este caso, abordando el concepto de energía a través de la radiación ultravioleta y el calor, aplicadas a la esterilización de mascarillas higiénicas, temática en la que se centra este estudio.

La esterilización es un mecanismo por el que se consigue la muerte o eliminación de todos los microorganismos vivos (bacterias, hongos, protistas y virus) presentes en una muestra, medio, superficie o material (Leahy et al., 1999). Un objeto esterilizado está, por tanto, totalmente libre de microorganismos incluyendo sus formas de resistencia. No se debe confundir esterilización con desinfección, proceso en el que no se eliminan todos los microorganismos, sino solo aquellos que pueden causar enfermedad o efectos deletéreos sobre los productos en los que se encuentran como alimentos, cosméticos, etc. (Pérez et al., 2010). Esto significa que un objeto desinfectado, no está esterilizado. Las técnicas de esterilización a aplicar dependen de las características del material o del medio que se pretenda esterilizar. La esterilización se consigue generalmente por métodos físicos y excepcionalmente por métodos químicos, siendo los más frecuentes entre los primeros, la aplicación de calor, la filtración o el uso de radiación (Pérez et al., 2010).

Los métodos físicos basados en la aplicación de radiación o calor permiten abordar en el aula de secundaria la energía, un concepto clave que permite la interpretación de una variedad de fenómenos físicos, razón por la que el currículo español de ciencias lo incluye desde la educación primaria hasta la educación secundaria (Gobierno de España, 2015). Con

el avance de los cursos se pasa de un enfoque de enseñanza de la energía desde la perspectiva macroscópica a la microscópica. El enfoque macroscópico pretende introducir la energía mediante ejemplos y situaciones de la vida diaria, mientras que el microscópico supone un enfoque más descriptivo del interior de la materia. No obstante, la energía es un concepto abstracto (Martín del Pozo, 2013) que muestra dificultades para su comprensión o concepciones alternativas en torno a qué es la energía, la relación con otras magnitudes físicas, o respecto a su conservación, transformación o formas de transmisión (Bañas et al., 2011; Domènech, 2018). De ahí que la literatura muestre distintas propuestas didácticas para superar estos obstáculos (Coello et al., 2019; García-Carmona y Criado, 2013; Lopes de Almeida y Ferreira, 2004; Martínez y Rivadulla, 2015).

Centrándonos en la enseñanza de la radiación como emisión, propagación y transferencia de energía en cualquier medio en forma de ondas electromagnéticas o partículas, se trata de un concepto que se aborda principalmente en la educación secundaria a través del estudio de la energía térmica (calor y temperatura) (Morales y López-Valentín, 2007; Zamorano et al., 2006) o de la luz como onda electromagnética (De Prada, 2016; Gallego et al., 2021). A través del estudio del calor y la temperatura se abordan las transformaciones de la energía y su conservación, las fuentes de energía y su uso racional. El estudio de la luz trabaja las principales características de la radiación a través de su posición en el espectro electromagnético, las aplicaciones para los distintos tipos de radiaciones (infrarroja, ultravioleta, microondas, etc.), así como sus efectos en los seres vivos.

Dentro del espectro electromagnético, la radiación ultravioleta (UV) es un concepto interesante a profundizar en el aula, pero apenas se trata en secundaria. Se trata de una radiación no ionizante e indetectable al ojo humano, cuya fuente natural más importante es el sol, que presenta una longitud de onda más corta que la luz visible y abarca desde los 100 nm hasta los 400 nm. En función de su longitud de onda se establecen tres regiones de radiación UV: UV-A (315 nm - 400 nm), UV-B (280 nm - 315 nm) y UV-C (100 nm - 280 nm). Es transcendental concienciar al alumnado sobre la importancia de protegerse de esta radiación porque provoca daños a los seres vivos, ya que una menor longitud de onda se corresponde con una mayor frecuencia de la radiación, lo que implica un aumento de la energía de los fotones asociados a dicha radiación (Echarri, 2005). La capa de ozono absorbe en su totalidad la radiación UV y, por ello, no afecta a la superficie terrestre (Echarri, 2005). No obstante, en los últimos años los daños producidos en la capa de ozono debidos principalmente a la contaminación han derivado en un aumento considerable de radiación UV que llega a la Tierra (Quiñones y Almanza, 2013). Esta radiación, en particular, la llegada de fotones de menor longitud de onda (UV-C) es preocupante puesto que pueden incidir en moléculas esenciales para la vida como proteínas o ácidos nucleicos, que los absorben y generan daños graves en los organismos y microorganismos (Wilches et al., 2021). De esta forma, la radiación UV-C puede destruir la capacidad de reproducción de los microorganismos al provocar cambios fotoquímicos en los ácidos nucleicos, cambios que llevan a la mutación y posterior destrucción de las estructuras de ADN celular o ARN viral (Kowalski, 2009). La eficacia germicida de la UV-C alcanza su punto máximo a unos 260-265 nm (Schmid, 2001), que corresponde con el pico de absorción de los rayos UV por parte del ADN bacteriano (figura 1). Como valor añadido, esta propiedad germicida resulta útil para eliminar virus de distintas superficies como las mascarillas.

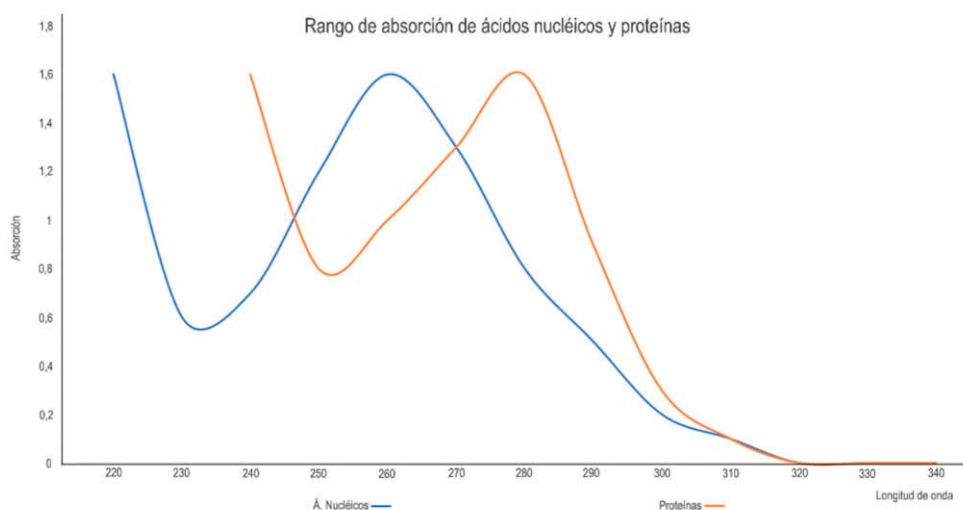
El calor es otro método físico de esterilización. Todos los microorganismos son susceptibles, en distinto grado, a la acción del calor. La acción del calor provoca desnaturalización de proteínas, fusión y desorganización de las membranas y/o procesos oxidativos irreversibles en los microorganismos. La aplicación del calor puede hacerse de forma húmeda o seca. El agente esterilizante más utilizado es el calor húmedo por medio de vapor de agua. Este mecanismo, que se desarrolla en un autoclave, destruye eficazmente los microorganismos por

desnaturalización de proteínas y enzimas, y desestabilización de membranas (Pérez et al., 2010). La esterilización mediante calor seco se realiza habitualmente en el interior de una estufa (horno Pasteur) en cuyo interior se colocan los materiales a esterilizar. La destrucción microbiana tiene lugar por oxidación de los componentes celulares y desnaturalización de proteínas. Debido a la ausencia de agua, es un proceso menos eficaz, por lo que se deben incrementar tanto las temperaturas como los tiempos de exposición (Pérez et al., 2010).

Para facilitar el aprendizaje de conceptos abstractos como los que se pretende se requiere emplear metodologías que aporten una cierta dinamización, funcionalidad en el aula y donde el alumnado tome el control de su propio aprendizaje construyendo conocimiento socialmente útil. El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) reúne estas características (Lermanda, 2007; Sanmartí y Márquez, 2017) ya que el docente plantea la resolución de un problema, de forma que fomenta en el alumnado el pensamiento crítico y la toma de decisiones ante situaciones que se les presenten en contextos cercanos y relevantes (España y Prieto, 2010; Zeidler et al., 2005).

Figura 1

Rango de absorción de luz UV-C de ácidos nucleicos y proteínas.



Fuente: Wilches et al. (2021).

2. Antecedentes en la esterilización de mascarillas

A raíz de la pandemia por la COVID han proliferado diferentes métodos para esterilizar mascarillas higiénicas y darles una vida útil más prolongada. Algunos de ellos se basan en investigaciones científicas, pero otras propuestas han surgido a través de Internet y de las redes sociales y carecen de una validación dada por la investigación científica.

La literatura más reciente muestra la existencia de diferentes procedimientos eficaces para la esterilización de mascarillas. De este modo, encontramos procedimientos de naturaleza física como la radiación UV-C (Mills et al., 2018) o el calor por convección (Wuhui et al., 2020), y otros de naturaleza química como el ozono (Lee et al., 2021) o el etanol al 99 % (Lenormand y Lenormand, 2020).

Centrándonos en los métodos físicos, Mills et al. (2018) indican que la irradiación germicida ultravioleta (UVGI) con lámpara doble (superior e inferior) de 36 W y con un tiempo

de exposición de 148 segundos, produce la inocuidad sobre las mascarillas y la efectividad de desinfección bacteriana con reducción de 7 log, una expresión usada en el área de la medicina y que equivale a una reducción porcentual del 99,99999% de los microorganismos iniciales referenciados, lo cual satisface las exigencias ([US Department of Health and Human Services, 2004](#)) de la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (Food and Drug Administration, FDA) para el uso del término esterilización en medicina.

Respecto a estudios que emplean el calor como agente esterilizador, se indica el tratamiento de la mascarilla mediante calor seco en un horno de convección calentado a 70 °C durante 30 minutos como un método que mantiene el efecto de la filtración por encima del 95% ([Wuhui et al., 2020](#)). Por otra parte, un protocolo muy difundido en las redes sociales indicaba que las mascarillas se podían esterilizar con calor con medios caseros como un secador. La existencia de estos protocolos caseros se convierte en una herramienta útil para el profesor para abordar la fiabilidad y credibilidad de la información procedente de estos medios.

3. Descripción de la experiencia

3.1 Objetivos e hipótesis

El objetivo de este estudio es presentar los resultados sobre desarrollo de competencias científicas y percepciones de estudiantes de secundaria españoles en una experiencia de esterilización de mascarillas higiénicas empleando los métodos físicos de radiación con luz UV-C y calor seco, que utiliza una metodología de aprendizaje basado en proyectos.

A nivel de aprendizaje, se plantea la siguiente hipótesis:

- Hipótesis 1: La experiencia contribuirá a que el alumnado desarrolle competencias científicas relacionadas con la utilidad de los métodos físicos basados en la radiación y calor presentados como agentes esterilizadores.

Las hipótesis de partida propuestas por los estudiantes en su experiencia son:

- Hipótesis 2: La luz UV-C de un aparato comercial disminuye la carga microbiana de las mascarillas higiénicas y podría ser útil para su esterilización.

- Hipótesis 3: El calor emitido por un secador casero no disminuye la carga microbiana de las mascarillas higiénicas, por lo que no será útil para su esterilización.

3.2 Participantes

La experiencia que aquí se presenta constituye un estudio de caso y forma parte de una secuencia de enseñanza-aprendizaje más amplia sobre COVID-19 que utiliza la metodología ABP y que fue implementada con 26 estudiantes españoles (16 chicas y 10 chicos) del segundo curso de educación secundaria obligatoria (13-14 años) en la asignatura de Física y Química, durante los meses de octubre y noviembre de 2020. Estos estudiantes pertenecían a dos grupos clase diferentes de 12 y 14 estudiantes respectivamente, y no tenían una especial motivación inicial por las materias científicas.

La experiencia se puso en práctica en un instituto de educación secundaria urbano de la provincia de Málaga (España) en el que habitualmente el alumnado no suele trabajar por proyectos ni se utilizan metodologías activas. Los estudiantes estaban acostumbrados a trabajar con una metodología tradicional centrada en el libro de texto y realización de actividades. Es, por ello, que se hizo necesario apoyar la docencia con una guía de tareas que sirviera de andamiaje para el aprendizaje de los alumnos.

3.3 La experiencia

Previo a la realización de la experiencia, los estudiantes habían trabajado en la secuencia sobre COVID en la que se incluye la misma, los conocimientos teóricos de física y biología necesarios para el abordaje de esta actividad (Girón et al., 2021). Concretamente, tuvieron la oportunidad de tratar los microorganismos así como las diferencias entre virus y bacterias; las mascarillas, sus características y tipos de filtrado; el espectro electromagnético, los tipos de radiación y sus características a través de su posición en dicho espectro (energía, longitud de onda, frecuencia); las aplicaciones de los distintos tipos de radiación así como sus efectos en los seres vivos; el concepto de esterilización y la diferencia entre métodos físicos y químicos; y el análisis crítico de la información para detectar noticias reales de otras falsas.

A continuación, se describen las fases de la experiencia que nos ocupa incluyendo las intencionalidades didácticas de cada tarea.

3.3.1 Búsqueda de información sobre protocolos de esterilización de mascarillas

En primer lugar, el alumnado realizó una búsqueda de información en la web sobre protocolos de esterilización de mascarillas. Entre ellas, el docente recomendó consultar la página web de un organismo de salud español acreditado (Consejería de Salud, Región de Murcia, 2020) donde pudieron comprobar a través de extractos de varios artículos científicos, la existencia de diferentes métodos físicos y químicos para esterilizar mascarillas, entre los que se encontraban protocolos para radiación UV-C (Mills et al., 2018) y mediante calor (Wuhui et al., 2020). La lectura en clase de la fundamentación teórica de estos artículos permitió al docente explicar los motivos por los que la energía y las radiaciones se emplean habitualmente para esterilizar materiales.

Por otro lado, los estudiantes también pudieron acceder a un vídeo procedente de las redes sociales en el que un hombre vestido de farmacéutico afirmaba que las mascarillas se podían esterilizar introduciéndolas en una bolsa de papel de farmacia y aplicándoles calor con un secador casero, sin especificar parámetros como el tamaño de la bolsa, la posición en la que debía estar la mascarilla, el tiempo de aplicación o la potencia del secador. El protocolo terminaba con la indicación de guardar la mascarilla en otra bolsa de papel durante una semana, tras la cual, la mascarilla quedaría esterilizada y lista para otro uso. Este era un proceso iterativo que podía repetirse varias veces, sin aclarar el número.

El análisis de estos estudios fue el punto de partida para fundamentar conceptualmente: (1) las características de los microorganismos atendiendo a su tamaño, principalmente, (2) las propiedades de las ondas, concretadas en la radiación ultravioleta (intensidad, longitud de onda, frecuencia, poder germicida), y (3) el calor (teoría cinético molecular, formas de transmisión, poder germicida).

3.3.2 Selección de protocolos

La búsqueda de información permitió al alumnado tener una visión general de distintos protocolos de esterilización de mascarillas, lo que les permitió seleccionar, por consenso, dos de ellos para llevarlos a cabo en el aula:

(a) El protocolo con radiación UV propuesto por Mills et al. (2018). Al no disponer de los medios tecnológicos empleados por los investigadores se acordó que el proceso más parecido era el uso de una caja de esterilización UV-C comercial que tuviese lámparas que emitiesen por dos caras y durante un tiempo determinado.

(b) El protocolo de calor seco por convección emitido por un secador, propuesto en redes sociales.

La actividad se realizó en grupos de cuatro alumnos, requiriéndose materiales comunes para ambas esterilizaciones y otros específicos del proceso de esterilización (Tabla 1).

Tabla 1

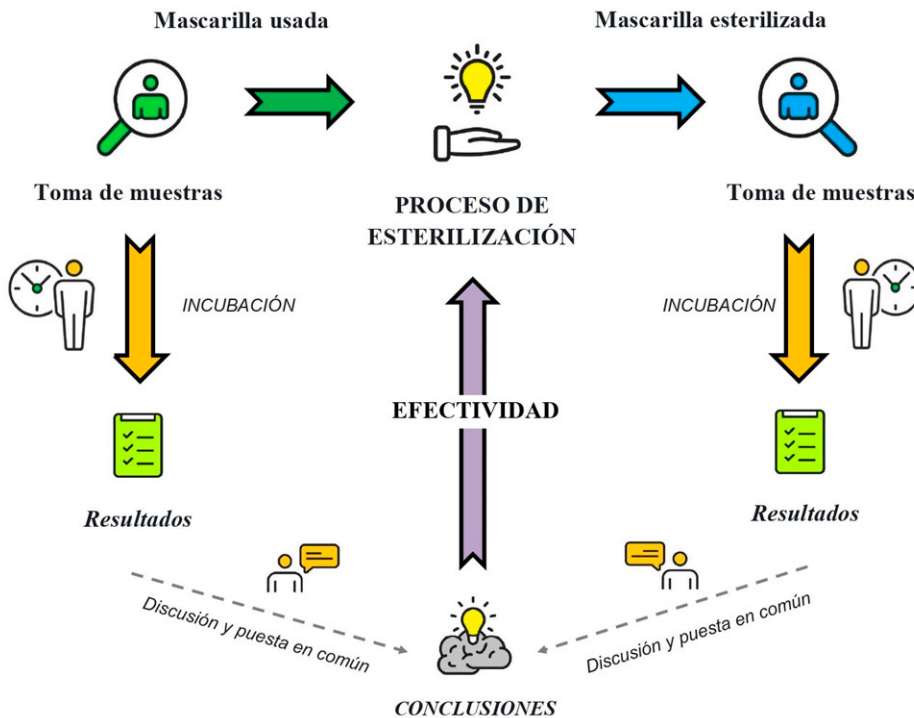
Materiales comunes	<ul style="list-style-type: none"> • Mascarilla higiénica usada de un miembro del grupo • Placas de cultivo de microorganismos aeróbicos • Bastoncillos de oídos • Estufa de incubación • Gel hidroalcohólico al 70%
Luz UV-C	<ul style="list-style-type: none"> • Caja de esterilización UV-C marca OEM, para esterilizar teléfonos móviles "Coating Machine KD-168", $\lambda = 253,7 \text{ nm}$, $P = 2 \text{ W}$
Calor seco	<ul style="list-style-type: none"> • Secador de pelo, marca Taurus, $P = 2400 \text{ W}$ • Bolsa de papel de farmacia • Termómetro • Cronómetro

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño de la experiencia se empleó un mismo esquema didáctico (figura 1), que permitiese repetir el proceso y ayudase a los estudiantes a asimilar el procedimiento de trabajo y su finalidad.

Figura 1

Esquema de trabajo en el aula basado en la metodología ABP para comprobar la efectividad del proceso de esterilización.



Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Procedimiento en el aula

El procedimiento se planteó con bacterias y hongos, y no con virus, debido a los medios y materiales disponibles en un laboratorio escolar para poder visualizarlos a simple vista. El procedimiento llevado a cabo por los estudiantes fue:

(a) *Toma de muestras de la mascarilla usada.* Se pretendía que el alumnado aprendiese a tomar muestras biológicas adecuadamente. Cada grupo empleó una mascarilla que había sido usada por un estudiante de su grupo. El alumnado se higienizó las manos con solución hidroalcohólica y, luego, tomó la muestra con un bastoncillo mojado en dilución del propio medio de cultivo para favorecer el arrastre de microorganismos (figura 2, izqda.).

Figura 2

Toma de muestras en la mascarilla higiénica (izqda.) y siembra en placa (drcha.).



Fuente: Los autores.

(b) *Siembra en placa.* Con esta actividad los estudiantes aprendieron a introducir una porción de muestra en un medio con el fin de iniciar el cultivo microbiano, para su desarrollo y multiplicación. Para ello, utilizaron un movimiento de siembra en zig-zag (figura 2, drcha.) e identificaron las muestras con un código formado por una letra (A, para antes de la esterilización o D, para después) seguida del número de su grupo.

(c) *Aplicación del proceso de esterilización.* Antes de comenzar con el proceso experimental se recordaron los fundamentos biológicos de ambos tipos de esterilización, con luz UV-C y calor seco, según la información científica expuesta en el marco teórico (Wilches et al., 2021). Para la experiencia con radiación UV se utilizó una caja de luz UV-C (tabla 1) (figura 3) que funcionaba automáticamente durante cinco minutos, por lo que no fue necesario controlar ningún parámetro adicional. La caja quedaba cerrada durante el proceso de esterilización para no causar lesiones en los estudiantes.

Para la experiencia con calor seco la esterilización se llevó a cabo introduciendo la mascarilla en una bolsa de papel estéril de farmacia y utilizando el secador de pelo descrito en la tabla 1, de tal forma que el calor llegase a la mascarilla por convección (figura 4). Dos estudiantes del grupo controlaron el tiempo de aplicación (10 s) y la temperatura alcanzada introduciendo un termómetro en el interior de la bolsa, que en todos los casos estuvo en torno a 100 °C.

Figura 3

Caja de luz UV-C.



Fuente: Los autores.

Figura 4

Estudiante aplicando a la mascarilla calor por convección con el secador.



Fuente: Los autores.

(d) *Toma de muestra de la mascarilla tras el proceso de esterilización.* Los estudiantes repitieron el proceso inicial de toma de muestras en mascarillas, en este caso, ya esterilizada.

(e) *Incubación de las muestras a 37° C.* Se pretendía que el alumnado entendiese la forma de crecimiento de los microorganismos en colonias, a una temperatura óptima y controlada. Todas las muestras (antes y después de la esterilización) se sometieron durante 48 horas a 37 °C en el interior de una estufa de incubación para favorecer el crecimiento microbiano.

(f) *Estimación de microorganismos.* Se realizó una estimación a simple vista de la cantidad de microorganismos presentes en las placas antes y después de la aplicación de los procesos de esterilización (figuras 5 y 6). Esto permitió que los estudiantes conociesen la técnica del conteo de microorganismos, aunque no la utilizarasen. Los resultados se clasificaron de forma cualitativa en cuatro niveles atendiendo a la distribución de las colonias de microorganismos

en la placa: nivel bajo (cuarta parte de la placa), medio (mitad de la placa), alto (tres cuartas partes de la placa) o muy alto (totalidad de la placa).

Figura 5

Placas con crecimiento de microorganismos, antes (izqda.) y después (drcha.) de la esterilización con luz UV-C. En la placa izquierda se detecta un elevado crecimiento de colonias de bacterias (manchas blancas) y de hongos (manchas negras), mientras que en la placa derecha se aprecia la desaparición de las colonias de hongos (ausencia de manchas negras) y una disminución de colonias de bacterias (manchas blancas).



Fuente: Los autores.

Figura 6

Placas con crecimiento de microorganismos, antes (izqda.) y después (drcha.) de la esterilización con calor seco. En la placa izquierda se detecta un leve crecimiento de colonias de bacterias (manchas blancas), mientras que en la placa derecha se aprecian colonias de bacterias (manchas blancas) y de hongos (manchas negras).



Fuente: Los autores.

Los estudiantes registraron en una tabla los resultados de la carga microbiana presente en las placas de los distintos grupos en ambos estudios, antes y después de aplicar la esterilización (tabla 2).

Tabla 2

Resultados cualitativos de carga microbiana.

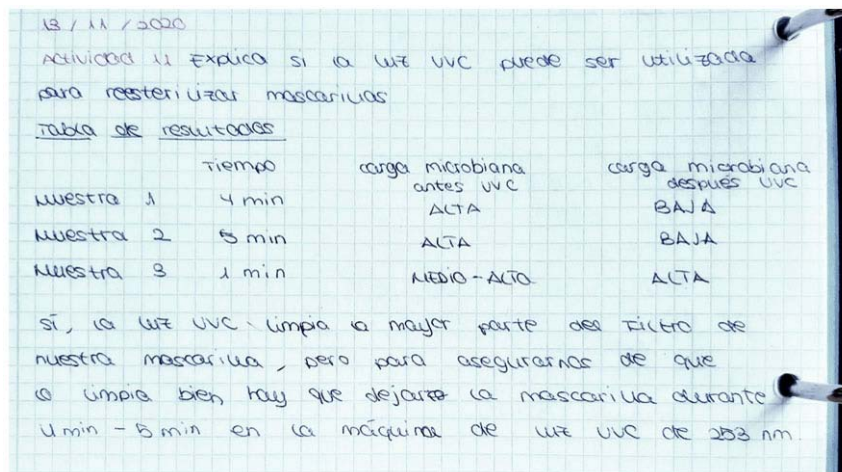
Grupo	Tiempo	Carga microbiana (antes) (Baja-Media-Alta-Muy alta)	Carga microbiana (después) (Baja-Media-Alta-Muy alta)
1			
2			
...			

Fuente: Elaboración propia.

(g) *Elaboración de conclusiones.* Cada grupo elaboró sus conclusiones tras el estudio a partir de los datos cualitativos de carga microbiana y posteriormente fueron compartidas con el resto de compañeros en una puesta en común y anotadas en la pizarra. Para el proceso de esterilización con luz UV-C concluyeron que el protocolo era efectivo, como se observa en la figura 5, al detectarse una disminución evidente de la carga microbiana tras el proceso (figura 7). Asimismo, indicaron que la esterilización con calor seco no era efectiva (figura 6), ya que la carga microbiana detectada tras el proceso fue mayor. Esto indujo a pensar a los estudiantes que el aire que llegaba a través del secador introducía de alguna manera una mayor cantidad de microorganismos en las mascarillas (figura 8). Los estudiantes, confirmaron de esta forma las hipótesis 2 y 3 planteadas.

Figura 7

Resultados y conclusiones de un estudiante para la esterilización de mascarillas con luz UV-C.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8

Resultados y conclusiones de un estudiante para la esterilización de mascarillas con calor.

Muestra	Tiempo	Nº bacterias	Después
1	10	Medio	Alto
2	10	Medio	Alto
3	10	Medio	Muy Alto
4	10	Medio	Alto

CONCLUSIONES

Nuestro método no ha sido efectivo para disminuir microorganismos.

4. La mascarilla que estuvo más tiempo en el secador ha sido la que ha presentado mayor carga microbiana. Por tanto, podemos pensar que el aire que llega a la mascarilla puede tener microorganismos que la contaminen. Podrían llegar en las últimas ráfagas de aire con el secado apagado.

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Instrumentos de recogida de datos y análisis

Con la finalidad de conocer los aprendizajes adquiridos por los estudiantes durante el desarrollo de la experiencia se contó con dos instrumentos de toma de datos: (a) una actividad de evaluación, de elaboración propia, administrada al final de la secuencia, y (b) un cuestionario de percepciones del alumnado sobre su aprendizaje.

3.4.1 Actividad de evaluación

Esta actividad tomó como referencia las pruebas de evaluación de diagnóstico de PISA (OCDE, 2018). El objetivo de esta actividad fue evaluar el desempeño de competencias científicas desarrolladas en la experiencia, dando respuesta de esta forma a la hipótesis 1 planteada. La actividad planteaba seis cuestiones que abordan las tres dimensiones de la competencia científica propuestas por PISA para algunos de los contextos recomendados para la evaluación (tabla 3). Las cuestiones completas se recogen en el anexo. Se incluyeron dos tipos de cuestiones: de respuesta abierta (cuestiones 1 y 4) y de elección de respuesta múltiple con cuatro opciones (cuestiones 2, 3, 5 y 6). Las cuestiones 1 y 2 estaban precedidas de un texto (texto 1, anexo) y de dos gráficas, mientras que las cuestiones 3 a 6 estaban relacionadas con un segundo texto (texto 2, anexo). Ambos textos y gráficas debían utilizarse para extraer información relevante que permitiría a los estudiantes responder adecuadamente a las cuestiones planteadas.

Tabla 3

Características de la actividad de evaluación competencial según parámetros de PISA (OCDE, 2018).

Dimensión de la competencia científica	Contexto para la evaluación de la competencia	Temática de la cuestión
Interpretar datos y evidencias científicamente: analizar y evaluar datos, afirmaciones y argumentos en una variedad de representaciones.	La energía y sus transformaciones: conservación, disipación y reacciones químicas.	• Cuestión 1: Las cabinas bronceadoras y los melanomas.
Reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones para una gama de fenómenos naturales y tecnológicos.	Las células. Estructuras, funciones, ADN...	• Cuestión 4: La luz UV-C y su interacción con el ADN.
Uso del conocimiento de contenido epistémico de la ciencia en el contexto de situaciones del mundo real.	Fenómenos que tienen lugar o están asociados con cualquier objeto en el mundo vivo o material.	• Cuestión 2: Transferencia de calor. • Cuestión 3: Longitud de onda. • Cuestión 5: Interacción luz UV-C con ARN. • Cuestión 6: Protocolos científicos.

Fuente: Elaboración propia.

(a) Análisis de las cuestiones de respuesta abierta (cuestiones 1 y 4)

Estas cuestiones se analizaron atendiendo a los criterios planteados por PISA (OCDE, 2018), estableciéndose tres niveles de desempeño competencial: (a) Nivel bajo: procedimientos básicos, como recordar un hecho, término, principio o concepto o ubicar un solo punto de información de un gráfico o tabla; (b) nivel medio: usar y aplicar conocimiento conceptual para describir o explicar fenómenos, seleccionar procedimientos apropiados que involucren dos o más pasos, organizar o mostrar datos y/o interpretar o usar conjuntos de datos o gráficos simples; y (c) nivel alto: analizar información o datos complejos, sintetizar o evaluar evidencia, justificar, razonar a partir de varias fuentes, desarrollar un plan o secuencia de pasos para abordar un problema.

La cuestión 1 demandaba que el estudiante identificara distintas pruebas presentadas a través de dos gráficas y que las utilizara en la elaboración de un argumento que justificase por qué las cabinas bronceadoras causan melanomas en las mujeres. Las pruebas a identificar fueron:

- Prueba 1. El porcentaje de aparición de melanomas aumenta mucho al incrementar el número de sesiones que una mujer toma al año en cabinas bronceadoras (gráfica 1).
- Prueba 2. Las mujeres menores de 30 años presentan un mayor porcentaje de melanomas que las mayores de esa edad (gráfica 1).
- Prueba 3. El porcentaje de aparición de melanomas aumenta poco conforme se incrementan los años trabajados expuestas al sol (gráfica 2).
- Prueba 4. Las mujeres menores de 30 años y las mayores de 30 años presentan un porcentaje similar de melanomas respecto a los años trabajados expuestas al sol.

Un argumento adecuado basado en dichas pruebas podría ser: “El uso prolongado de las cabinas bronceadoras aumenta la aparición de melanomas en mujeres (prueba 1) en menos tiempo que por una exposición prolongada al sol (prueba 3) y con mayor probabilidad en mujeres menores de 30 años (pruebas 2 y 4)”.

Para el análisis del nivel de desempeño competencial, se consideró nivel alto aquellos argumentos que incluían tres o cuatro pruebas bien justificadas, mostrando que el estudiante había sido capaz de identificar y analizar datos complejos en la información suministrada y utilizarlos para construir un argumento. Se consideró como nivel competencial medio, argumentos con dos pruebas que explicaban el fenómeno de una manera menos justificada. En el nivel bajo se incluyeron argumentos que aportaban una o ninguna prueba, y, por tanto, se trataba de respuestas que simplemente recordaban un concepto o término.

Por su parte, la cuestión 4 planteaba explicar por qué la radiación UV puede causar melanomas o cáncer en la piel. Se trataba de que el alumnado utilizara adecuadamente en su explicación los siguientes conocimientos abordados en el aula: (a) longitud de onda de la radiación UV-C, (b) interacción de la onda con la cadena de ADN de las células, y (c) destrucción de la cadena de ADN como causa del melanoma. En este caso se consideraron explicaciones con un nivel competencial alto aquellas que empleaban tres conocimientos de forma apropiada en su justificación, con nivel medio las que usaban dos conocimientos y, con nivel bajo aquellas que se apoyaban en un único conocimiento.

(b) Análisis de las cuestiones de respuesta múltiple (cuestiones 2, 3, 5 y 6)

Estas cuestiones implicaban la movilización de los conocimientos con contenidos epistemológicos que se aprendían en la parte de fundamentación teórica del proyecto. Su análisis se llevó a cabo calculando el porcentaje de acierto en cada opción. Para las respuestas adecuadas, se establecen los niveles de competencia desarrollados de esta forma: alto (igual o superior al 80%), medio (igual o superior al 50%) y bajo (menor del 50%).

3.4.2 Cuestionario de percepciones de aprendizaje

Para conocer las percepciones del alumnado en torno a su aprendizaje se administró un cuestionario de elaboración propia, a través de Google Form, que constaba de dos preguntas: (I) Mis conocimientos científicos han aumentado en esta experiencia y (II) Los conocimientos de esta experiencia me van a servir para resolver problemas o responder a preguntas de mi vida, que los estudiantes debían valorar en una escala Likert de cuatro puntos (donde 0 = nada; 1 = un poco; 2 = bastante; 3 = mucho).

4. Resultados y discusión

Esta sección presenta y discute los resultados obtenidos, en primer lugar, sobre el desarrollo de competencias científicas encontrados en la actividad de evaluación y, en segundo lugar, sobre las percepciones de los estudiantes.

4.1 Resultados de la actividad de evaluación

4.1.1 Análisis de la cuestión 1

La tabla 4 presenta los niveles de desempeño competencial encontrados en la dimensión interpretar datos y evidencias científicas. Los resultados se valoran favorablemente puesto que un gran número de estudiantes (10/26) alcanza un nivel competencial alto siendo capaz de elaborar un argumento basado en tres o cuatro pruebas. Además, se encuentra un grupo numeroso de estudiantes (9/26) que tiene un nivel competencial medio y cuyos argumentos aportan la mitad de las pruebas disponibles (2) en la información facilitada. Por último, 7/26 estudiantes tienen un nivel competencial bajo puesto que sus argumentos emplean muy pocas pruebas.

Tabla 4

Desempeño competencial de los estudiantes en la dimensión interpretar datos y evidencias científicas (cuestión 1).

Nivel de desempeño competencial	Categoría	Frecuencia de estudiantes
Alto	Argumentos que incluyen cuatro pruebas justificadas	4
	Argumentos que incluyen tres pruebas justificadas	6
Medio	Argumentos que incluyen dos pruebas justificadas	9
Bajo	Argumentos que incluyen una prueba justificada	5
	Argumentos que no incluyen ninguna prueba	2

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Análisis de la cuestión 4

La tabla 5 recoge el desempeño competencial del alumnado en la dimensión reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones de un fenómeno natural. Como se aprecia, la mayoría de los estudiantes (17/26) son capaces de realizar explicaciones que utilizan de forma adecuada tres conocimientos científicos (nivel competencial alto), mientras que pocos estudiantes utilizan explicaciones apoyadas en dos conocimientos (nivel medio) (4/26), uno o ninguno (5/26) (nivel bajo).

Tabla 5

Desempeño competencial de los estudiantes en la dimensión reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones de fenómenos naturales (cuestión 4).

Nivel de desempeño competencial	Categoría	Frecuencia de estudiantes
Alto	Explicaciones que utilizan adecuadamente tres conocimientos científicos	17
Medio	Explicaciones que utilizan adecuadamente dos conocimientos científicos	4
Bajo	Explicaciones que utilizan adecuadamente un conocimiento científico	2
	Explicaciones que no utilizan ningún conocimiento científico	3

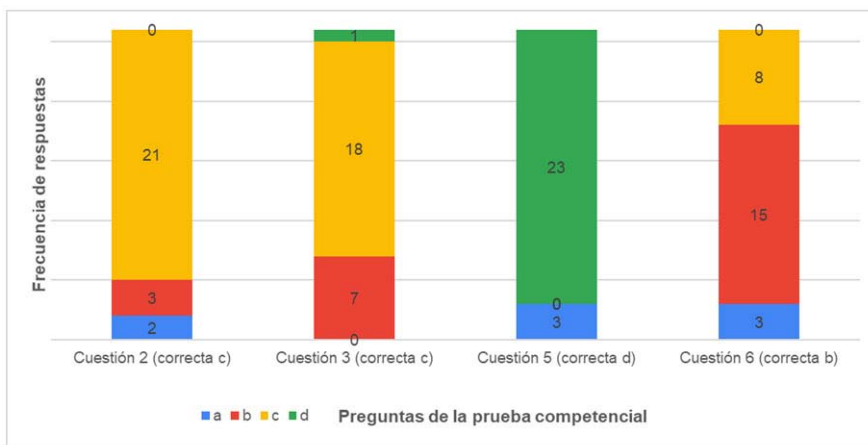
Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Análisis de las cuestiones de respuesta múltiple (cuestiones 2, 3, 5 y 6)

La figura 9 recoge la frecuencia de estudiantes en cada opción para las distintas cuestiones de elección múltiple.

Figura 9

Frecuencia de estudiantes en cada opción de las cuestiones de elección múltiple.



Fuente: Elaboración propia.

La respuesta con mayor porcentaje en todas las cuestiones corresponde con la opción adecuada, y en todos los casos se supera el 50% de aciertos, lo que significa que los 26 estudiantes alcanzan, al menos, un nivel competencial medio en la dimensión uso del conocimiento epistémico de la ciencia en situaciones del mundo real. Además, en la cuestión 2 sobre radiación solar en la exposición al sol, y en la cuestión 5 en torno a la propiedad de la radiación UV-C para destruir la cadena de ARN de los virus, se detectan valores superiores al 80% en la respuesta adecuada, que se corresponde con estudiantes que han desarrollado un nivel competencial alto. Los niveles alcanzados en el desarrollo de la competencia científica se consideran buenos.

4.2 Resultados de las percepciones de los estudiantes sobre su aprendizaje

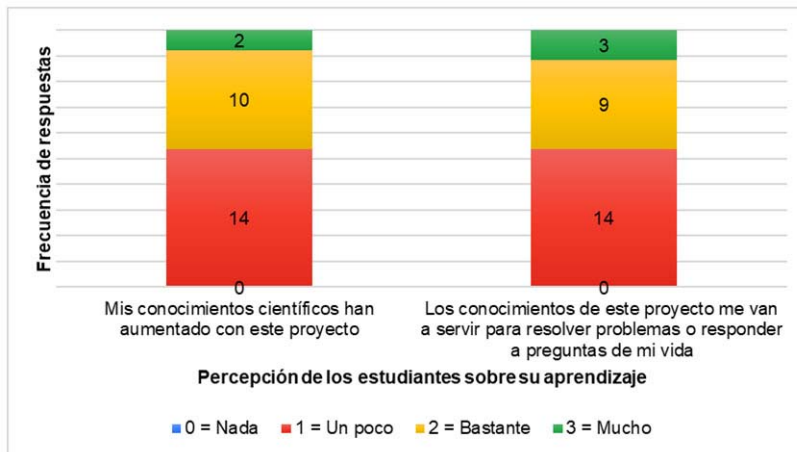
La figura 10 muestra las percepciones de los estudiantes sobre su aprendizaje.

Respecto a los conocimientos científicos, algo más de la mitad de los estudiantes (14/26) percibía que habían aumentado poco tras la experiencia, mientras que el resto opinaba que había aumentado bastante o mucho.

Sobre la utilidad de los conocimientos aprendidos para resolver problemas o responder a preguntas de su vida diaria, todos los estudiantes manifestaron la funcionalidad de los aprendizajes en diferente grado. De forma similar a la cuestión anterior, las opciones más puntuadas especificaban que estos conocimientos les servirán un poco (14/26), mientras que el resto la valoró como bastante (9/26) o mucho (3/26).

Figura 10

Resultados sobre la percepción de los estudiantes de su aprendizaje.



Fuente: Elaboración propia.

5. Consideraciones finales

El contexto de la COVID-19 se ha mostrado como un elemento que ha despertado el interés del alumnado y la experiencia presentada diseñada como ABP en torno a los procesos implicados en la esterilización de mascarillas higiénicas con métodos físicos permite abordar conocimientos físicos relacionados con la energía en general y con la radiación UV y el calor en particular.

Los niveles de desempeño de la competencia científica en las dimensiones interpretar datos y evidencias científicas; reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones de fenómenos naturales; y uso del conocimiento epistémico de la ciencia en situaciones del mundo real (OCDE, 2018) alcanzados por los estudiantes se consideran muy aceptables y permiten confirmar la hipótesis 1 planteada afirmando que la experiencia contribuye a que el alumnado de secundaria desarrolle competencias científicas sobre la utilidad de los procesos físicos basados en la radiación y el calor presentados como agentes esterilizadores.

La experiencia contribuye, asimismo, a que el alumnado afiance que no toda la información presente en Internet es fiable y de calidad, como ha ocurrido con el protocolo de esterilización con calor mediante un secador encontrado en la web, y que solo los resultados procedentes de investigaciones científicas son fiables y reproducibles. En este sentido, cabe destacar que los estudiantes ya habían desarrollado en otras ocasiones prácticas científicas prestando atención a la búsqueda de información.

Del mismo modo, se consideran insuficientes las percepciones mostradas por el alumnado en torno a su aprendizaje y la funcionalidad de los conocimientos adquiridos sobre la radiación para aplicarlos a su vida diaria. El hecho de que algo más de la mitad de los estudiantes considerara de baja utilidad los conocimientos adquiridos podría deberse a que los conocimientos tratados eran un poco más elevados de su nivel curricular y, quizás, también haya podido influir la forma de abordarlos en el aula, sin un apoyo en libro de texto y con una metodología alejada de la dinámica tradicional a la que estaban acostumbrados.

Con idea de mejorar esta percepción de su utilidad se hace necesario plantear alguna actividad de reflexión sobre los conocimientos tratados en la experiencia y su posible utilidad para otros problemas y/o situaciones de la vida diaria en la que los estudiantes puedan

desarrollar habilidades de pensamiento crítico. Para ello, se puede proponer una actividad de reflexión personal adaptada para estudiantes de secundaria a partir de la propuesta por Luque et al. (2021) para profesores en formación inicial. Esta actividad se desarrollaría durante varios días en el transcurso de la experiencia. La actividad se concreta en que cada grupo de estudiantes tiene que presentar de forma oral siete aportaciones conforme al siguiente guion, en un tiempo máximo de siete minutos y empleando siete diapositivas: (a) síntesis (presentar las dos ideas más importantes tratadas en la clase anterior), (b) autoevaluación (identificar dos aspectos abordados en clase que no hayan quedado lo suficientemente claros), (c) ampliación (aportar dos ideas nuevas sobre el tema no tratadas en clase), y (d) planteamiento de preguntas (formular una pregunta relacionada con el tema). De esta forma, la síntesis y autoevaluación contribuirán a afianzar los conocimientos implicados en la experiencia, mientras que la ampliación y el planteamiento de preguntas favorecerá su utilidad para otros problemas.

A pesar de las ventajas que muestra la actividad presentada, materializada específicamente como la aplicación de la indagación para el desarrollo de competencias científicas, también se genera una oportunidad didáctica para que el alumnado desarrolle este procedimiento en su entorno familiar, evalúe los costes económicos o pruebe con otro tipo de mascarillas. Asimismo, sería interesante diseñar un proyecto interdisciplinar con otras asignaturas (tecnología, matemáticas, economía, etc.), encaminado a visualizar otros aspectos no científicos implicados en la aplicación del procedimiento.

Por último, indicar que la experiencia desarrollada no está exenta de limitaciones. Entre ellas, destaca que la esterilización con UV-C llevada a cabo en el aula solo asegura la eliminación de bacterias y hongos, lo cual se puede comprobar a simple vista con las técnicas disponibles. No asegura, por tanto, la eliminación de virus, aunque probablemente tal y como establecen Wilches et al. (2021) sí se eliminaron, pero los estudiantes no disponían de los medios para poder comprobarlo. Del mismo modo, en el caso de la radiación con calor usando el protocolo casero del secador que demostró que las bacterias y los hongos aumentaban, probablemente tampoco se eliminó la carga viral, aunque no se pudo demostrar.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del Proyecto I+D+i «Ciudadanos con pensamiento crítico: Un desafío para el profesorado en la enseñanza de las ciencias» (PID2019-105765GA-I00) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

Referencias

- Abril, A.M., Franco-Mariscal, A.J., y Blanco, A. (Coords.) (2021). *Enseñanza de las ciencias en tiempo de COVID-19. De la investigación didáctica al aula*. Barcelona: Graó.
- Bañas, C., Pavón, R., Ruiz, C., y Mellado, V. (2011). Un programa de investigación-acción con profesores de secundaria sobre la enseñanza-aprendizaje de la energía: un estudio de caso. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(3), 1-9. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172011000300017>.
- Coello, S., González, Y., Hidalgo, J., Barzola, J., y Alonso, J. (2019). Desarrollo de habilidades STEM en estudiantes universitarios de Física mediante proyectos I+D+i. Caso: estimación de la demanda de la energía eléctrica en zonas rurales y urbano-marginales. *Revista Mexicana de Física E*, 65, 44-51. <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.65.44>.
- Consejería de Salud, Región de Murcia (2020). *Descontaminación de mascarillas FFP2/3 y N95 en caso de escasez por COVID-19*. <https://www.murciasalud.es/preevit/23560>.

- De Prada, F. I. (2016). La termografía infrarroja: un sorprendente recurso para la enseñanza de la física y la química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 617-627. <http://hdl.handle.net/10498/18501>.
- Domènech, J. (2018). Concepciones de alumnado de secundaria sobre energía: una experiencia de aprendizaje basado en proyectos con globos aerostáticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(2), 191-213.
- Echarri, L. (2005). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGral.html>.
- España, E., y Prieto, T. (2010). Problemas socio-científicos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 71, 17-24.
- Gallego, P.P., Padoan, J., Benavides, R., Tapia, A., y Caicedo, D.M. (2021). Detección de partículas a nivel de educación básica. Usando hardware y software libre. *Revista Mexicana de Física E*, 18(1), 56-62. <https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.18.56>.
- García-Carmona, A., y Criado, A.M. (2013). Enseñanza de la energía en la etapa 6-12 años: un planteamiento desde el ámbito curricular de las máquinas. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 87-102.
- Girón, J. R., Lupión, T., y Blanco, A. (2021). ¿Se pueden reutilizar las mascarillas?: ¿El conocimiento científico como aliado en tiempos de pandemia? En B. Puebla y R. Vinader (Eds.), *Ecosistema de una pandemia: COVID 19, la transformación mundial* (pp. 1871-1894). Dykinson SL.
- Gobierno de España, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015). *Real Decreto 1105/14 de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato*. Boletín Oficial del Estado, núm. 3, de 3 de enero. Madrid: BOE.
- Kowalski, W. (2009). *Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Leahy, T.J., Kerry, L.R., y Christopher, M.R. (1999). Microbiology of sterilization processes. En: F.J. Carleton y J.P. Agalloco (Eds.), *Validation of pharmaceutical processes: Sterile product* (pp. 353-380). Carleton.
- Lee, J., Bong, C., Bae, P.K., Abafog, A.T., Baek, S.H., Shin, Y.B., Park, M.S., y Park, S. (2021). Fast and easy disinfection of coronavirus-contaminated face masks using ozone gas produced by a dielectric barrier discharge plasma generator. *Environmental Science & Technology Letters*, 8(4), 339-344.
- Lenormand, R., y Lenormand, G. (2020). *Effect of ethanol cleaning on the permeability of FFP2 mask*. MedRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.04.28.20083840>.
- Lermanda, C. (2007). Aprendizaje basado en problemas (ABP): Una experiencia pedagógica en medicina. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 6(11), 127-143.
- Lopes de Almeida, J., y Ferreira, K. (2004). Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(1), 159-166.
- Luque, E., Franco-Mariscal, A.J., y Blanco, A. (2021). Promoviendo la reflexión y el pensamiento crítico en la formación inicial del profesorado de ciencias de educación secundaria. En F.J. Hinojo, S.M. Arias, M.N. Campos y S. Pozo (Eds.), *Innovación e investigación educativa para la formación docente* (pp. 534-546). Madrid: Dykinson.
- Martín del Pozo, R. (Coord.) (2013). *Las ideas científicas de los alumnos y alumnas de primaria: tareas, dibujos y textos*. Madrid: Universidad Complutense.

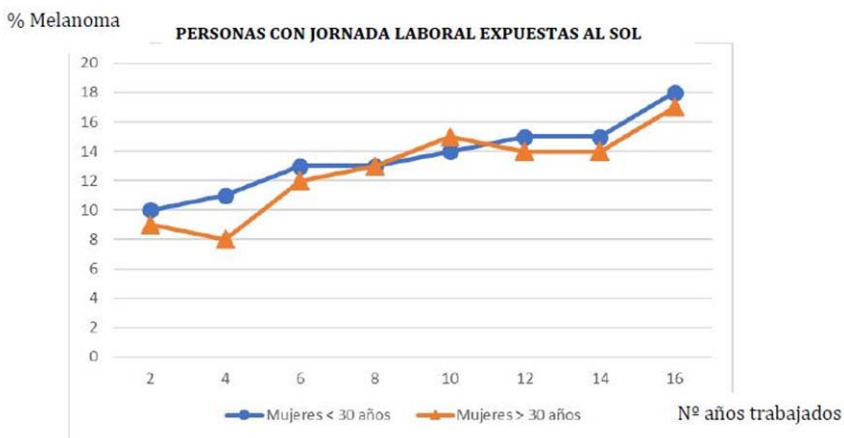
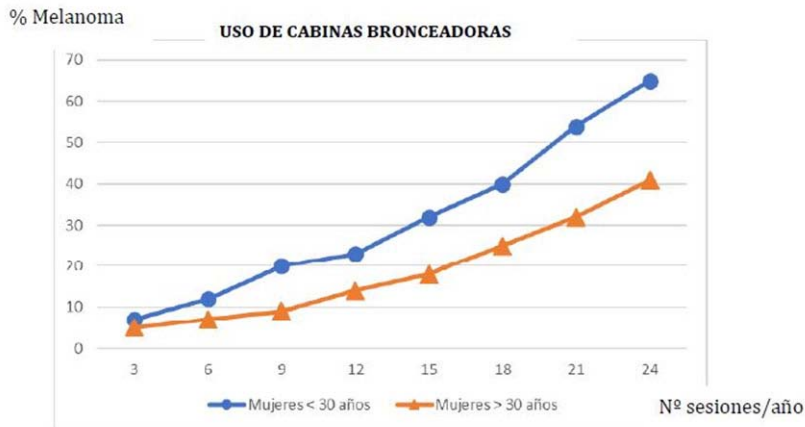
- Martínez, C., y Rivadulla, J.C. (2015). ¿Cómo progresar en la enseñanza de la energía? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 79, 17-24.
- Mills, D., Harnish, D.A., Lawrence, C., Sandoval-Powers, M., y Heimbuch, B.K. (2018). Ultraviolet germicidal irradiation of influenza-contaminated N95 filtering facepiece respirators. *American Journal of Infection Control*, 46(7), 49-55. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2018.02.018>.
- Morales, P., y López-Valentín, D. (2017). Validación de una secuencia didáctica sobre conducción de calor en estudiantes de secundaria mexicanos. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 3895-3900.
- OCDE (2018). *PISA 2018. Draft Science Framework*. Brussels: OCDE.
- Pérez, B., Silóniz, M.I., Torralba, B., y Vázquez, C. (2010). Metodología de esterilización en el laboratorio microbiológico. *Reduca (Biología), Serie Microbiología*, 3(5), 1-14.
- Quiñones, L.A., y Almanza, R. (2013). *Modeling Ultraviolet Radiation for the Mexican Conditions*. Ises Solar World Congress.
- Sanmartí, N., y Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice, Revista de Educación Científica*, 1, 3-16.
- Schmid, F.X. (2001). Biological Macromolecules: UV-visible Spectrophotometry. En *Encyclopedia of Life Sciences* (p. 4). John Wiley and Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1038/npg.els.0003142>.
- US Department of Health and Human Services (2004). *Guidance for industry, sterile drug products produced by aseptic processing-current good manufacturing practice*. <http://www.fda.gov/CbER/gdlns/steraseptic.pdf>.
- Wilches, J. H., Bandera, J. J., y Méndez, J. C. (2021). Luz ultravioleta C: una alternativa eficiente contra la pandemia. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 61(1), 3-13.
- Wuhui, S., Bin, P., y Haidong, K. (2020). Evaluation of heat inactivation of virus contamination on medical mask. *Journal of Microbes and Infections*, 1, 31-35.
- Zamorano, R.O., Gibbs, H.M., Moro, L.E., y Viau, J.E. (2006). Evaluación de un modelo didáctico analógico para el aprendizaje de energía interna y temperatura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 392-408.
- Zeidler, D.L., Sadler, T.D., Simmons, M.L., y Howes, E.V. (2005). Beyond STS: A research based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>.

ANEXO

Texto 1

En esta época del año muchas personas recurren a las cabinas de rayos UVA para prolongar el bronceado que consiguieron durante el verano. Muchas otras las utilizan antes de las vacaciones creyendo erróneamente que así preparan la piel para la exposición al sol. Pese a las continuas advertencias de dermatólogos y oncólogos, la mayoría no son conscientes de que el uso de este tipo de aparatos entraña los mismos o más riesgos que los rayos solares. "La Academia Española de Dermatología y Venereología (AEDV) viene alertando desde hace mucho tiempo *del riesgo por exposición a la radiación ultravioleta, bien sea a través de fuentes naturales, como el sol, o fuentes artificiales, como las cabinas de rayos UVA. Y a través de nuestras campañas, advertimos de lo nocivo que son sus exposiciones*", confirma el Dr. Agustín Buendía, dermatólogo y coordinador de la campaña Euromelanoma de la AEDV.

Un estudio publicado en una prestigiosa revista científica, analizó el impacto de estos aparatos sobre la piel. Para ello, se investigó a 680 pacientes diagnosticados con melanoma o cáncer de piel. En un caso el melanoma podía proceder del uso de estas cabinas y en otros, eran personas que habían trabajado durante años toda su jornada laboral expuestas al sol (ver las gráficas).



El grupo de hombres no mostró diferencias significativas y por eso el estudio ofreció resultados y conclusiones solo de la población femenina.

Cuestión 1. Supón que eres uno de los científicos firmantes del estudio. Identifica pruebas científicas, basada en los datos de las gráficas, y utilízalas para construir un argumento que justifique por qué las cabinas bronceadoras causan melanomas en las mujeres.

Cuestión 2¹. Las personas con jornada laboral expuestas al sol sentían calor durante el tiempo que estaban trabajando. Este calor les llegaba por:

- A. Conducción B. Convección C. *Radiación* D. Solarización

Texto 2

El especialista nos cuenta que en nuestro país hay un Real Decreto del año 2002, que controla "el uso y el abuso" de las cabinas de rayos UVA: "Según esta normativa, no se permite que existan cabinas con una irradiancia con una longitud de onda por debajo de 295 nanómetros. Además, está prohibido usarlas con menores de 18 años y el personal que las maneja debe tener una preparación adecuada". Sin embargo, según los expertos, no se puede determinar unos límites de seguridad de los rayos ultravioleta de estas cabinas por debajo de los cuales no habría peligro. "La radiación ultravioleta es un carcinógeno importante. La recomendación de la AEDV es que las cabinas de rayos ultravioleta con fines cosméticos están desaconsejadas", coincide el Dr. Buendía. Y aclara: "Otra cosa es el uso de cabinas UVA con fines terapéuticos, que son controladas por dermatólogos para patologías específicas".

Cuestión 3. El doctor da alguna clave acerca del posible peligro que podrían tener estas cabinas. ¿Cuál crees que es esta clave?

A. La normativa es muy poco clara y los fabricantes introducen las lámparas UVA que desean.

B. No se puede determinar la intensidad de las radiaciones UVA de las cabinas por debajo de las cuales no hay peligro.

C. No se puede asegurar que las longitudes de onda de las cabinas no lleguen al espectro de la UV-B o UV-C.

D. El único uso que debería darse a estas cabinas es el terapéutico, que son controladas por dermatológicos que tienen una preparación adecuada.

Cuestión 4. Explica por qué la radiación ultravioleta puede causar melanomas.

Cuestión 5. Recientemente, por motivo de la pandemia del coronavirus, se han comercializado aparatos que afirman que pueden esterilizar superficies u objetos, utilizando luz ultravioleta. Desde el punto de vista científico, ¿cuál es la razón de la aparición de estos aparatos?

A. La luz ultravioleta somete a las superficies u objetos a temperaturas altas, que destruyen a los virus.

B. Los virus mueren poco a poco en contacto con cualquier onda del espectro electromagnético.

C. La luz ultravioleta elimina a otro tipo de microorganismos, pero no a los virus.

D. La luz ultravioleta incide en la cadena de ARN de los virus, destruyéndola.

Cuestión 6. En este tiempo de pandemia han circulado por las redes sociales protocolos de esterilización de mascarillas basados en la utilización del calor para este fin. Una prueba de que la esterilización con calor funciona podría ser...

1. Para las cuestiones de elección múltiple se marca en cursiva la respuesta adecuada.

- A. Que la cantidad de bacterias de una mascarilla aumentase al aplicar calor con un secador en una bolsa de papel.
- B. Que la cantidad de bacterias de una mascarilla disminuyese al aplicar calor con un secador en una bolsa de papel.
- C. Al aplicar durante 10 segundos un secador y hacer una cuarentena de la mascarilla.
- D. No hay manera de probarlo.