

## APLICACIÓN DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES EN NUESTRO ENTORNO. LA RUTA CIENTÍFICA COMO PROPUESTA DIDÁCTICA PARA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA

### APPLICATION OF EXPERIMENTAL SCIENCES IN OUR ENVIRONMENT. THE SCIENTIFIC ROUTE AS A DIDACTIC PROPOSAL FOR SECONDARY EDUCATION

Mireia Adelantado-Renau; adelantm@uji.es

Gil Lorenzo Valentín; Gil.Lorenzo@uji.es

Universitat Jaume I, Castellón, Spain

**Resumen.** El gran impacto de la ciencia en la sociedad actual crea la necesidad de proporcionar una formación científica al alumnado con el fin de fomentar el pensamiento crítico y convertirles en ciudadanos con autonomía para opinar y participar en temas científicos. Estudios previos sugieren que el 53% del alumnado de 4.º curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) considera las asignaturas de ciencias experimentales no relevantes y de gran dificultad. Por ello se requieren nuevas estrategias docentes que aborden la ciencia desde un punto de vista holístico con el fin de incrementar la motivación y el interés del alumnado. El objetivo principal de este trabajo fue diseñar una ruta científica para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en el campo de las ciencias experimentales en alumnos de 4.º curso de ESO. La ruta científica que se presenta consiste en un paseo activo por el Grao de Castellón y se basa principalmente en la metodología *mobile learning* que consiste en el uso de dispositivos móviles permitiendo un aprendizaje ubicuo. Esta experiencia didáctica se estructura en 5 paradas recorriendo la playa, el pinar, y el paseo principal con el fin de trabajar conceptos relacionados con el medioambiente y la contaminación. Durante dichas paradas, se proponen actividades innovadoras al aire libre relacionadas con la contaminación (del agua, del aire, acústica), el medioambiente y el cambio climático. La implementación de metodologías y actividades novedosas de este tipo permite relacionar conceptos teóricos con su contexto real más próximo, lo que podría a su vez favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje al establecer aprendizajes significativos y duraderos.

**Palabras clave:** ruta científica, ciencias experimentales, propuesta didáctica, contaminación, cambio climático, medioambiente.

**Abstract.** The great impact of science on today's society creates the need to provide a scientific education to students in order to foster critical thinking and make them citizens with autonomy to express their opinions and participate in scientific topics. Previous studies suggest that 53% of students in the 4th year of Secondary Education consider the subjects of experimental sciences to be irrelevant and of great difficulty. This calls for new teaching strategies that address science holistically in order to increase students' motivation and interest. The main objective of this work was to design a scientific route to facilitate the teaching-learning process in the field of experimental sciences in students in the 4th year of Secondary Education. The scientific route presented consists of an active walk along the Grao de Castellón and it is based mainly

on the mobile learning methodology that consists in the use of mobile devices allowing ubiquitous learning. This didactic experience is structured in 5 stops along the beach, the pine grove, and the main promenade in order to work concepts related to the environment and pollution. During these stops, innovative outdoor activities related to pollution (water, air, acoustics), the environment and climate change are proposed. The implementation of innovative methodologies and activities of this type allows to relate theoretical concepts with their closest real context, which in turn could facilitate the teaching process-learning by establishing meaningful and long-term learning.

**Keywords:** scientific route, experimental sciences, didactic proposal, pollution, climate change, environment.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación puede definirse como la introducción directa o indirecta, mediante la acción humana, de agentes químicos o físicos como sustancias, vibraciones, calor o ruido en la atmósfera, el agua o el suelo, pudiendo afectar a la salud humana o al medioambiente (Real Academia Española 2019). Altos niveles de contaminación se han asociado con trastornos fisiológicos y psicológicos, provocando disfunciones en la vida cotidiana e incluso la muerte (Organización Mundial de la Salud 2014). Los diversos tipos de contaminación se clasifican según el elemento contaminante o el que resulta contaminado, destacando entre ellos la contaminación atmosférica (i.e. de la calidad del aire), hídrica (i.e. del agua) y acústica (i.e. de los sonidos percibidos).

Los últimos informes han indicado que 6.000 millones de kg de basura son arrojados a los océanos cada año, predominando los objetos plásticos y provocando la muerte de millones de especies (Provencher y otros 2018; Giudici, Kalda y Soomere 2019). Así pues, no es de extrañar que investigaciones previas hayan sugerido que la contaminación del agua podría asociarse con mayor riesgo de padecer cáncer y otros problemas de salud incluso en las poblaciones más jóvenes (Chen y otros 2019; Zumel-Marne y otros 2019). Respecto a la contaminación acústica, según los últimos datos del Sistema Básico de Información sobre la Contaminación Acústica (Ministerio para la transición ecológica 2018), centenas de personas se exponen a diario a niveles superiores a los establecidos por la Organización Mundial de la Salud con los consiguientes riesgos para la salud (Organización Mundial de la Salud 2015). La contaminación atmosférica provoca cada año aproximadamente 1.3 millones de muertes por enfermedades asociadas (ej. enfermedades respiratorias) (Organización Mundial de la Salud 2014; Tian y Sun 2017). De hecho, estudios previos revelan que respirar aire contaminado por las emisiones de los vehículos se asocia con un mayor riesgo cardiovascular, mientras que respirar aire contaminado por combustión de carbón se asocia con mayor mortalidad (Stanek y otros 2011).

La importancia de las ciencias experimentales en el presente y futuro del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) parece evidente. Así pues, el profesorado debe proporcionar al alumnado una formación científica duradera y significativa con el fin de favorecer su pensamiento crítico y su autonomía para opinar y participar en temas científicos. Al mismo tiempo, el alumnado debe ser conocedor de la relación: ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente (conocida como CTSA) y adquirir la capacidad para reflexionar sobre ello y actuar empleando las medidas adecuadas.

No obstante, la transmisión del contenido de ciencias experimentales de forma atractiva y facilitando el aprendizaje significativo y duradero es un proceso complejo. De hecho, estudios previos (Solbes, Montserrat y Furió 2007) ponen de manifiesto que el 79% y el 53% del alumnado de 3.º y 4.º curso de ESO, respectivamente, consideran las asignaturas de ciencias experimentales no relevantes y de gran dificultad, con un 67% indicando que no conoce a ninguna mujer científica. La evidencia científica previa revela que las diferencias psicológicas entre chicos y chicas no son suficientes y significativas para justificar la baja presencia de las chicas en el ámbito de las ciencias experimentales (Solbes y otros 2007). Así pues, los docentes deben diseñar y desarrollar nuevas estrategias didácticas que aborden la ciencia desde un punto de vista holístico, al mismo tiempo que favorezcan la integración de la mujer en las carreras universitarias de carácter científico.

La presentación de las materias de ciencias experimentales de modo que se relacionen los contenidos conceptuales con su contexto más próximo podría contribuir a un nuevo escenario de enseñanza-aprendizaje más interesante para el alumnado. Este nuevo proceso de enseñanza-aprendizaje debe priorizar la adquisición de competencias científicas frente al aprendizaje memorístico de los conceptos recogidos en el *currículum* (Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre). Por otro lado, el uso de metodologías innovadoras, como el *mobile learning*, basada en el uso de dispositivos móviles en cualquier momento y lugar, podría aumentar la motivación del alumnado por las materias de ciencias experimentales (Brazuelo y Gallego 2011). De hecho, estudios previos han demostrado que la atención de los alumnos disminuye drásticamente tras los 20 primeros minutos de clase magistral (Caldwell 2007), mientras que el uso de metodologías como el *mobile learning* favorece un proceso eficaz de enseñanza-aprendizaje (Hwang y Chang 2011) y facilita el trabajo cooperativo (Kim, Lee y Kim 2014).

Así pues, la implementación de metodologías que favorezcan la capacidad de relacionar conceptos teóricos con su contexto práctico más próximo podría facilitar aprendizajes significativos y duraderos. No obstante, la implementación de una nueva metodología no garantiza un proceso de enseñanza-aprendizaje exitoso y requiere para ello, el diseño y creación de materiales didácticos adaptados. Por tanto, resulta interesante diseñar y desarrollar recursos didácticos innovadores que puedan aplicarse en diferentes entornos y abarquen las distintas materias de las ciencias experimentales.

Por ello, el objetivo principal de este trabajo fue diseñar una ruta científica para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje, en el campo de las ciencias experimentales, en alumnos de 4.º curso de la ESO. Como objetivos específicos a alcanzar mediante la aplicación de la ruta científica se pretende: (i) concienciarles de la importancia y problemática de la contaminación, y (ii) reforzar la capacidad de trabajar en grupo, a través de experiencias que pongan de manifiesto los conocimientos adquiridos, la iniciativa y la imaginación.

## **MÉTODOS**

### *Participantes*

La experiencia se propone para un grupo-clase de 4.º curso de la ESO.

### *Metodología: Mobile learning*

El recurso didáctico propuesto se basa en el *mobile learning*, una metodología que consiste en el uso de dispositivos móviles, como puedan ser tabletas o

*smartphones*, con la finalidad de establecer un aprendizaje efectivo en el estudiante (Castaño y Cabero 2013). Se trata de una modalidad educativa que construye una base del conocimiento adaptada a la sociedad cambiante en la que vivimos, preparando al alumnado para la resolución de problemas tanto en su aprendizaje como a lo largo de su vida (Brazuelo y Gallego 2011). Mediante el uso del *mobile learning* el alumnado podrá adquirir capacidades con las que mejorar su aprendizaje en cualquier momento y lugar. La ubicuidad de estos dispositivos hace que esta metodología se haya convertido en una nueva forma de aprendizaje, lo que ha hecho que sea reconocida y apoyada por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y considerada por la UNESCO como una herramienta capaz de crear una educación de mayor calidad (Traxler y Vosloo 2014).

#### *Recurso didáctico: La ruta científica*

La ruta científica es un paseo activo por el Grao de Castelló (Castelló, España). Esta ruta se estructura en 5 paradas recorriendo la playa, el pinar y el paseo principal con el fin de trabajar conceptos relacionados con la contaminación y el medioambiente. Esta experiencia didáctica permite reforzar el contenido trabajado en las asignaturas de ciencias experimentales de 4.º de la ESO. Todos los objetivos específicos trabajados y los contenidos reforzados mediante la realización de esta ruta se basan en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (ver **Tabla 1** del dossier). Esta ruta permite al alumnado redescubrir el Grao de Castelló desde una perspectiva científica, a la vez que favorece un proceso de enseñanza-aprendizaje basado en el uso de nuevas metodologías y en el contacto del alumnado con un contexto real.



**Imagen 1.** Recorrido propuesto para la ruta. Los números en orden ascendente indican el sentido de la ruta. Cada número indica una parada donde se realizará una o varias actividades concretas.

Cada uno dispondrá de un dossier donde encontrará las actividades a realizar en cada una de las paradas de la ruta. Tendrán tiempo suficiente para realizar las actividades durante cada parada, pero si no fuera así, podrían terminarlas en casa. Los alumnos trabajarán en grupos de 3 miembros. No obstante, todos ellos deberán entregar el dossier completo de forma individual.

#### - *Aplicaciones móviles*

La propuesta didáctica se llevará a cabo mediante la utilización de diversas aplicaciones móviles gratuitas y disponibles para el sistema Android e iOS (ver **Tabla 2** del dossier). En la parada 2 se emplearán las aplicaciones *Sonómetro - Sound Meter* y

*HearWHO* para trabajar los contenidos de contaminación acústica y audición, respectivamente. En la parada 4 se utilizará la aplicación *ArbolApp* para fomentar la investigación de nuevas especies. Finalmente, en la parada 5, se utilizará la aplicación *Calidad del Aire AirVisual* para trabajar el contenido de contaminación del aire.

Además, durante las paradas 1, 2 y 4, el alumnado deberá acceder a la Tabla periódica de las científicas (Valdés-Solís 2018) a través de sus dispositivos móviles para buscar información sobre mujeres científicas relevantes en el campo de las ciencias experimentales.

- *Evaluación*

Al finalizar la ruta científica, el alumnado dispone de un cuestionario para evaluar el funcionamiento de la misma (i.e. metodología, duración, actividades, aprendizaje) (Ruiz-Bueno 2009). El cuestionario presenta 14 ítems evaluables mediante la escala Likert (puntuación de 1: “completamente en desacuerdo” a 5 “completamente de acuerdo”) (Cañadas Osinski and Sánchez Bruno 1998), y un apartado de respuesta abierta donde el alumnado puede exponer comentarios o propuestas de mejora.

## PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

A continuación, se expone la información y las actividades que conforman el dossier de la ruta científica, dirigida a alumnas/os de 4.º de la ESO. No obstante, los contenidos podrían adaptarse para ser realizada en otros cursos.

**Tabla 1.** Descripción curricular de la ruta científica propuesta.

<b>PARADA 1</b>	
Objetivos	Competencias <sup>1</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interpretar fenómenos naturales y aplicaciones tecnológicas, como el abastecimiento de agua potable.</li> <li>- Comprender y usar métodos analíticos para el análisis del agua.</li> <li>- Reflexionar sobre la contaminación del agua.</li> <li>- Reconocer el papel de las mujeres científicas en el campo de la química.</li> </ul>	CMCT, CSC, CPAA
Contenidos	Temporalización
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos de la tabla periódica</li> <li>- Agua potable</li> </ul>	45 min
<b>PARADA 2</b>	
Objetivos	Competencias <sup>1</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprender la importancia de la contaminación acústica.</li> <li>- Elaborar gráficos sencillos y analizar los resultados obtenidos.</li> <li>- Reconocer el papel de las mujeres científicas en el campo de la física.</li> </ul>	CD, CMCT, CSC, CPAA
Contenidos	Temporalización
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación acústica: sonido y ruido</li> </ul>	45 min
<b>PARADA 3</b>	
Objetivos	Competencias <sup>1</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprender la relevancia de las variaciones de la temperatura</li> </ul>	CD, CMCT, CSC, CPAA
Contenidos	Temporalización

- Cambio climático y calentamiento global 30 min + 30 min almuerzo

---

#### **PARADA 4**

Objetivos	Competencias <sup>1</sup> CD, CMCT, CPAA, SIE
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar fenómenos químicos y físicos en el medio natural.</li> <li>- Conocer e investigar sobre diversas especies en el medio natural.</li> <li>- Comprender la aplicación de la ciencia en la vida diaria.</li> <li>- Reconocer el papel de las mujeres científicas en el campo de las matemáticas y la biología.</li> </ul>	
Contenidos	Temporalización 60 min
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formulación de compuestos orgánicos</li> <li>- Especies en el medio natural</li> <li>- Teorema de Tales</li> </ul>	

---

#### **PARADA 5**

Objetivos	Competencias <sup>1</sup> CD, CSC, CPAA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprender y reflexionar sobre la importancia de la contaminación del aire.</li> </ul>	
Contenidos	Temporalización 30 min
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación del aire</li> <li>- Gases contaminantes</li> <li>- Formulación de compuestos inorgánicos</li> </ul>	

---

<sup>1</sup> CD: Competencia digital; CSC: Competencias sociales y cívicas; CMCT: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología; CPAA: Aprender a aprender; SIE: Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor.

## MATERIALES

### *PARADA 1*

- Recipientes de plástico, que en caso de tener que ser desechados tras su utilización en la actividad, serían depositados en el contenedor de reciclaje amarillo.
- Pegamento o celo.

### *PARADA 2*

- Auriculares.
- Aplicación móvil *Sonómetro - Sound Meter*
- Aplicación móvil *HearWHO*

### *PARADA 3*

- *Smartphone*

### *PARADA 4*

- Cinta métrica
- Aplicación móvil *ArbolApp*

### *PARADA 5*

- Aplicación móvil *Calidad del Aire AirVisual*

**Tabla 2.** Aplicaciones móviles propuestas para la realización de la ruta científica.

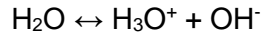
App	Descripción		Android	iOs
<i>Sonómetro - Sound Meter</i>	- Mide los decibelios por medida del ruido ambiental.			
<i>HearWHO</i>	- Mide la audición.			
<i>ArbolApp</i>	- Identifica especies en la naturaleza y proporciona información sobre ellas.			
<i>Calidad del Aire AirVisual</i>	- Muestra sobre el mapa el nivel de contaminación de una zona. - Ofrece consejos y alertas.			

El uso de estas aplicaciones móviles se complementará con la utilización de la [Tabla periódica de las científicas](#) (Valdés-Solís 2018), que tiene como finalidad dar a conocer el papel de la mujer en la ciencia.

## DOSIER DEL ALUMNO

PARADA 1.

### EL AGUA



La potabilización consiste en diversos procesos que se realizan al agua dulce cruda con el fin de obtener agua óptima para el consumo humano, conocida como **agua potable**.

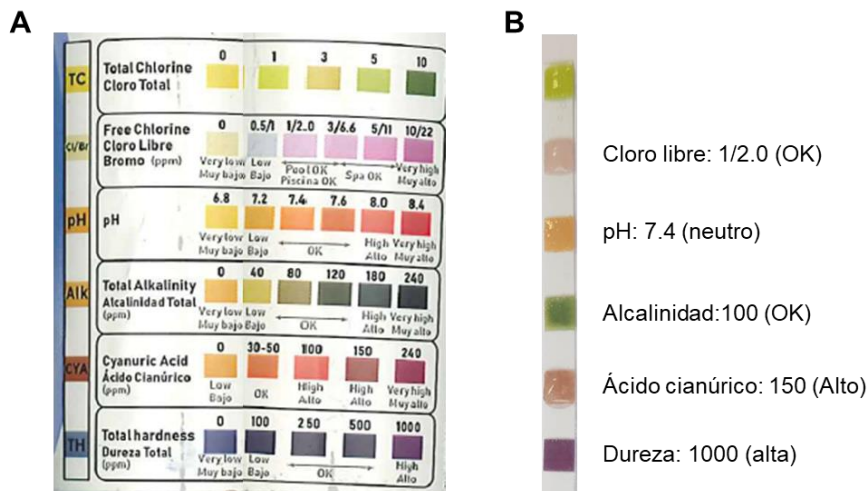
1.1. Completa la columna “símbolo” de la siguiente tabla.

	Símbolo	Valor máximo (mg/L)
Antimonio		0,02
Arsénico		0,01
Bario		0,7
Cadmio		0,003
Cianuro libre		0,05
Cobre		1,0
Cromo total		0,05
Mercurio		0,001
Níquel		0,02
Plomo		0,01
Selenio		0,01
Carbono orgánico total	COT	5,0
Nitritos		0,1
Nitratos		10,0
Fluoruros		1,0

**Tabla 1.** Límites máximos admisibles para que el agua no presente implicaciones sobre la salud humana.

La **dureza del agua** puede definirse como la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, concretamente sales de magnesio y calcio.

La potabilidad del agua y su dureza pueden analizarse con tiras de análisis de agua. Para ello, se sumerge la tira en la muestra de agua durante unos segundos y mediante los colores obtenidos se determina la cantidad aproximada de los analitos (fig. 1).



**Figura 1.** A) Concentración de analitos presentes en el agua; B) Ejemplo de análisis de una muestra de agua.



## DOSIER DEL ALUMNO

**1.2.** Recoge en un recipiente una muestra de agua de mar y en otro una muestra de agua de la fuente. Para cada una de las muestras y utilizando las tiras de análisis de agua: a) evalúa su pH y clasifica la muestra de agua en ácida, neutra o básica; y b) analiza su potabilidad.

	pH	cloro libre	alcalinidad	ácido cianúrico	dureza
Agua de mar					
Agua de la fuente					

- ¿A qué se refiere el concepto “alcalinidad del agua”? Puedes usar tu teléfono móvil para buscar información.

- Pega las tiras utilizadas en cada análisis aquí. Razona si las muestras analizadas son potables.

Agua de mar	Agua de la fuente

**1.3.** Utiliza tu dispositivo móvil y la Tabla periódica de las científicas para buscar información sobre una científica relevante en el campo de la química.

## DOSIER DEL ALUMNO

PARADA 2.

# EL SONIDO

El **sonido** es el resultado de la vibración de un cuerpo que se encuentra en un medio físico. Estas vibraciones se propagan en forma de ondas elásticas. El oído es capaz de captar estas oscilaciones producidas en el aire cuando presentan frecuencias entre 20 y 20.000 Hz aproximadamente.

La **contaminación acústica** hace referencia al sonido excesivo y molesto que produce daños fisiológicos y psicológicos, conocido como **ruido**. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015) considera ruido cualquier tipo de sonido superior a los 65 decibelios (dB) durante el día y 55 dB durante la noche, y establece los 70 dB como el límite superior que el sonido debería alcanzar para evitar posibles daños.

**2.1.** A partir de ahora, utiliza la aplicación *Sonómetro - Sound Meter* para determinar los decibelios en cada parada.

	Parada 2	Parada 3	Parada 4	Parada 5
Decibelios				

Razona si existe contaminación acústica y realiza un gráfico de barras indicando los decibelios de cada parada.

Abre la aplicación y directamente obtendrás el nivel de sonido.



## DOSIER DEL ALUMNO

**2.2.** Parece que no somos totalmente conscientes del daño que el ruido puede causarnos. ¿Te gustaría revisar tu audición? Utiliza la aplicación móvil *hearWHO* creada por la OMS y tus auriculares para realizar una prueba de audición. ¡Mucha suerte! Apunta los resultados obtenidos.

Conecta los auriculares a tu *smartphone* y presiona “Check your hearing” para comenzar.



CHECK YOUR HEARING

**2.3.** Utiliza tu dispositivo móvil y la Tabla periódica de las científicas para buscar información sobre una científica relevante en el campo de la física.

PARADA 3. (incluye Almuerzo)

## EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático puede definirse como el cambio del clima, atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, alterando la composición de la atmósfera y que se suma al cambio natural del clima (Real Academia Española, 2018).

Así pues, el hecho de que la temperatura terrestre varíe es un proceso natural. No obstante, la acción humana ha acelerado dicho proceso generando lo que actualmente se conoce como el **calentamiento global**. La excesiva emisión de gases al llegar a la atmósfera deteriora la capa de ozono y expone al planeta Tierra de forma directa a los rayos del Sol. Además, cada vez es menor la cantidad del gas CO<sub>2</sub> que se convierte en O<sub>2</sub> debido principalmente a la deforestación de selvas y bosques.



Figura 1. Radiación solar y la atmósfera. Imagen extraída de <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=4202>

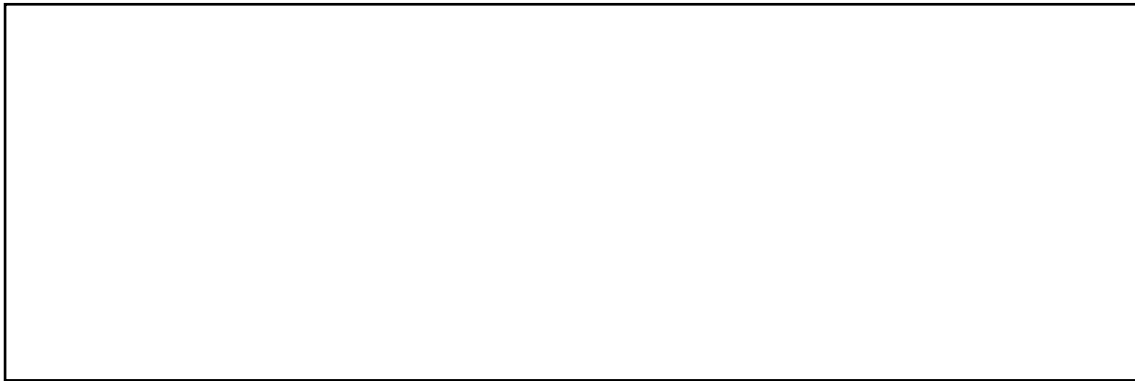
3.1. ¿De dónde proceden los gases emitidos a la atmósfera? ¿Qué otras consecuencias tiene el cambio climático en nuestro planeta? ¿Qué es el Protocolo de *Kyoto*? Utiliza tu teléfono móvil para buscar información.

PARADA 4.

## MEDIOAMBIENTE. EL PINAR

El Pinar es conocido como el pulmón verde de Castelló. En él conviven diversas especies, siendo la más abundante el pino carrasco. En el Pinar de Castelló también conviven ardillas y aves migratorias que acuden a este lugar por ser su temperatura la ideal para poder nidificar o hibernar.

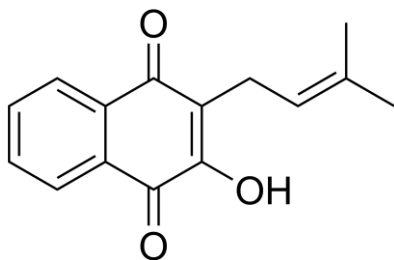
**4.1.** Puedes dar un paseo tranquilamente por el Pinar. Identifica fenómenos químicos y físicos que aquí se producen (ej., heces de animales, caída de las hojas). Utiliza tu móvil para sacar fotografías de dichos fenómenos (puedes pegar alguna aquí).



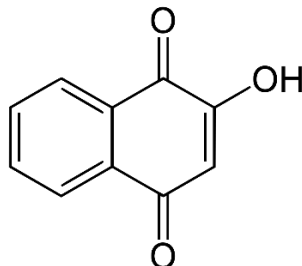
El **pino carrasco** se emplea en ambientadores y detergentes por su aroma. Aunque es un árbol muy conocido, ¿sabes por qué no crecen muchas otras plantas debajo de ellos? Se debe al **efecto alelopático**; el pino produce uno o más compuestos bioquímicos que inhiben el crecimiento, supervivencia o reproducción de otros organismos.

**4.2.** A continuación, encontrarás algunos compuestos alelopáticos, formula su nombre.

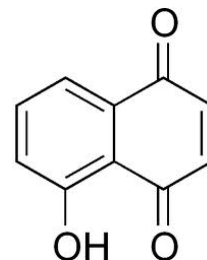
1.



2.



3.



**4.3.** Utiliza el teorema de Tales y calcula la altura del árbol si su sombra es de 3,7 m. Busca un objeto de referencia que puedas medir.



## DOSIER DEL ALUMNO

4.4. Utiliza la aplicación *ArbolApp* e identifica 5 especies presentes en el pinar. Redacta una breve explicación para cada una de ellas. Recuerda que puedes realizar fotografías con tu *smartphone* y pegarlas en la actividad.

Abre la aplicación y clicas sobre “búsqueda abierta”. En “Localización” selecciona la provincia de “Castellón”. A continuación, completa los campos (hojas, frutos y afines, flores y otros) e identifica la especie.



4.5. Utiliza tu dispositivo móvil y la Tabla periódica de las científicas para buscar información sobre una científica relevante en el campo las matemáticas y una científica relevante en el campo de la biología.

Empty space for student response.

PARADA 5.

## EL AIRE

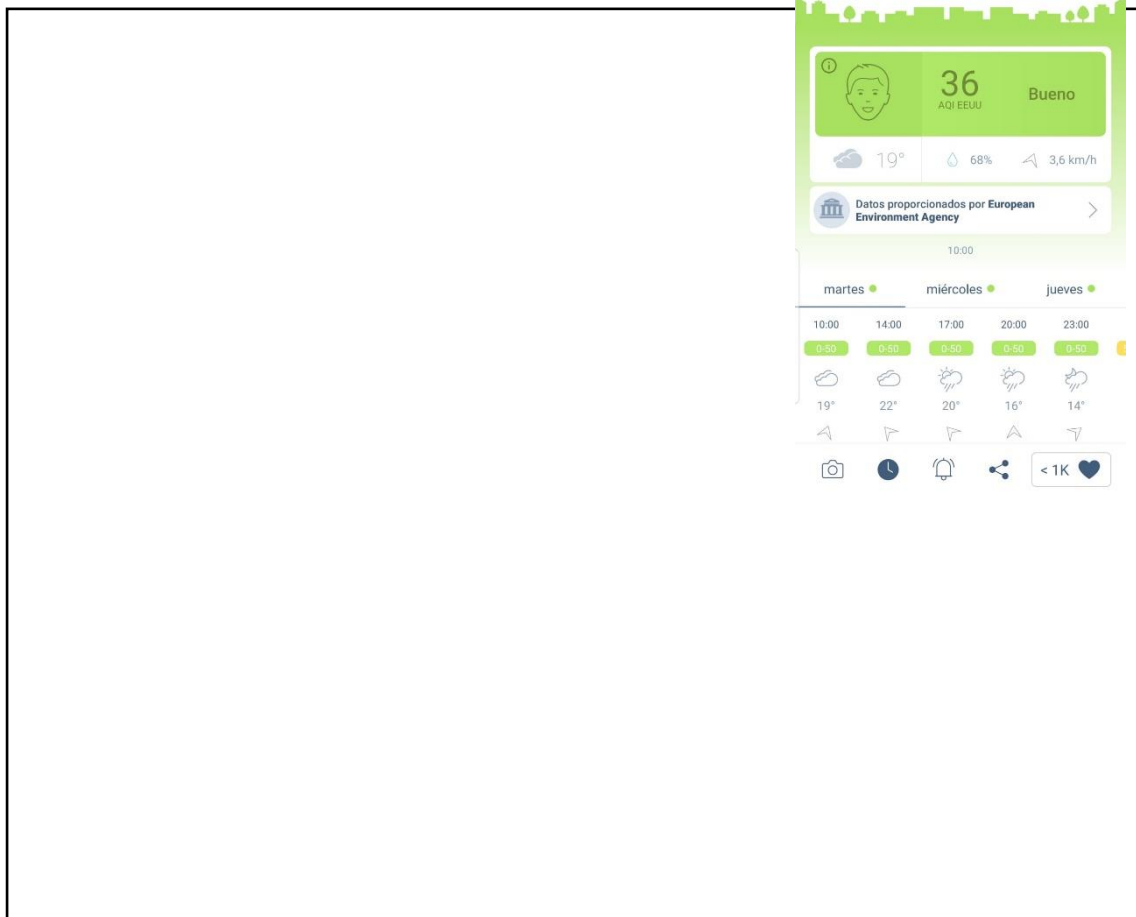
La contaminación del aire es la alteración nociva de las condiciones normales del aire por agentes químicos o físicos (Real Academia Española, 2018), pudiendo implicar riesgo, daño o molestia para el ser humano, la flora o la fauna.

**5.1.** Formula los siguientes compuestos, que son los principales responsables de la contaminación atmosférica.

	<b>Nomenclatura STOCK</b>	<b>Nomenclatura IUPAC</b>
O <sub>3</sub>		
SO <sub>2</sub>		
SO <sub>3</sub>		
NO		
NO <sub>2</sub>		

**5.2.** ¿De dónde provienen principalmente estos gases? Utiliza la aplicación móvil *Calidad del Aire AirVisual* para evaluar la contaminación del aire en nuestra ciudad. Investiga la calidad del aire en tres ciudades más y compárala con la obtenida en nuestra ciudad.

Clica sobre “Localizar mi ciudad”, permite a tu *smartphone* activar tu ubicación y te aparecerá directamente la calidad del aire



## DOSIER DEL ALUMNO

### CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN

Por favor, evalúa los siguientes aspectos de la actividad Ruta Científica

Realiza tú valoración empleando la siguiente escala:

1	2	3	4	5
Completamente en desacuerdo	En desacuerdo	NS / NC	De acuerdo	Completamente de acuerdo
1. El material proporcionado para realizar la actividad es adecuado.				
2. La profesora / el profesor ha explicado correctamente las actividades.				
3. El tiempo dedicado a cada parada ha sido adecuado.				
4. He aprendido conceptos nuevos de forma clara y sencilla.				
5. He podido aplicar mis conocimientos durante la ruta.				
6. Esta metodología activa me ayuda a comprender mejor las ciencias experimentales.				
7. Esta actividad me ha ayudado a entender la aplicación y presencia de las ciencias experimentales en la vida real.				
8. Después de realizar esta actividad sería capaz de observar los fenómenos científicos presentes en la vida diaria.				
9. El uso de los dispositivos móviles me ha facilitado el aprendizaje de las ciencias experimentales.				
10. La ruta científica ha sido entretenida y divertida.				
11. Las actividades tienen una complejidad similar a las realizadas en clase.				
12. La ruta científica me ha parecido interesante.				
13. El clima del grupo-clase ha sido adecuado durante toda la ruta.				
14. Me gustaría continuar realizando actividades de este tipo.				

Comentarios y/o propuestas de mejora:

--



## CONCLUSIONES

La implementación de actividades novedosas de este tipo favorece el proceso de enseñanza-aprendizaje en el campo de las ciencias experimentales proporcionándole al alumnado conocimiento sobre la relación CTSA. Además, el uso de estrategias pedagógicas como las propuestas mediante la utilización de la metodología *mobile learning* han mostrado convertir a las alumnas y los alumnos en protagonistas de su propio aprendizaje sin que sean conscientes de ello (Gee 2004), lo que también podría favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La evidencia científica previa (Anton Remírez 2017) sugiere que la implementación de metodologías activas y dinámicas centradas en el alumnado, en las que el docente participa como un mero facilitador del aprendizaje, favorece el aprendizaje al proporcionarle al alumnado flexibilidad de adaptación según su ritmo de aprendizaje. Así pues, a través de esta experiencia didáctica, el alumnado no solo reflexiona sobre la contaminación y el medioambiente, sino que adquiere un aprendizaje más significativo y duradero, al mismo tiempo que alcanza una mayor competencia social.

El clima generado durante las actividades de este tipo favorece el trabajo cooperativo de forma dinámica y activa. El clima de trabajo es un reflejo indirecto del entorno de trabajo, de las instrucciones recibidas, de las relaciones con los compañeros, de los valores e incluso de los objetivos a alcanzar. Además, diversas investigaciones (Chapman y otros 2014) han sugerido que el clima de trabajo se ve influenciado por las reglas y la disciplina establecida. Así pues, una buena percepción por parte de los adolescentes respecto al clima que genera la ruta científica propuesta podría representar sus sentimientos hacia el grupo-clase y cómo este influye en su aprendizaje (White y otros 2014). Un clima adecuado y positivo podría facilitar la cooperación entre compañeros. Asimismo, el hecho de trabajar en grupos podría favorecer el sentimiento de pertenecer al grupo-clase al disminuir la sensación de aislamiento y soledad. Además, este tipo de actividades facilita las relaciones sociales entre compañeros fomentando el respeto mutuo, apoyo, aceptación de las diferencias individuales y la tolerancia (Kiefer, Alley y Ellerbrock 2015).

Las experiencias didácticas de este tipo incrementan la motivación e interés del alumnado por las ciencias experimentales por dos razones principales. Por un lado, la oportunidad de trabajar en contextos naturales reales permite al alumnado establecer una relación entre los contenidos conceptuales y su contexto real más próximo. Por otro lado, la integración de los dispositivos móviles como parte de su proceso de enseñanza-aprendizaje hace que este se más atractivo para el alumnado. Por lo tanto, teniendo en cuenta los datos que han revelado estudios previos (Solbes y otros 2007) sobre el desinterés de los adolescentes por las asignaturas del ámbito de las ciencias experimentales, es fundamental que se implementen este tipo de propuestas. Además, esta propuesta didáctica pretende reconocer el importante papel de la mujer en las ciencias experimentales. Durante las últimas décadas, las desigualdades existentes en una sociedad patriarcal han sido consideradas las principales responsables de la poca visibilidad de las contribuciones de las mujeres al campo de la ciencia. Además, la literatura científica (Sahuquillo Balsuena y otros 1983) pone de manifiesto que el hecho de que la ciencia no siempre tenga en cuenta la relación CTSA parece ser menos interesante para las chicas. Por lo tanto, el profesorado debería trabajar la relación

CTSA focalizando las mismas expectativas científicas sobre las chicas y los chicos, y visualizando por igual las contribuciones de los hombres y las mujeres en este campo de estudio.

La ruta científica propuesta presenta diversas limitaciones a tener en cuenta. En primer lugar, no se ha podido llevar a cabo y por lo tanto nuestras conclusiones deben ser interpretadas con cautela. Además, el alumnado debe utilizar sus propios datos móviles al no tener acceso a conexión wifi. No obstante, la ruta científica presenta diversos puntos fuertes a tener en cuenta, incluyendo el uso de aplicaciones móviles gratuitas disponibles para los diferentes sistemas operativos, así como la integración de actividades para visualizar el papel de la mujer en las ciencias experimentales.

Con todo ello, podemos concluir que experiencias didácticas de este tipo favorecen un proceso de enseñanza-aprendizaje dinámico y eficaz al relacionar conceptos teóricos con su contexto real más próximo. Además, el hecho de emplear la metodología *mobile learning* permite al alumnado establecer relaciones entre la escuela y su estilo de vida, pudiendo generar así un aprendizaje más significativo y duradero. Los docentes de todos los ámbitos educativos deberían emplear recursos didácticos como el que aquí se presenta con el fin de incrementar la motivación e interés de las alumnas y los alumnos, a través de climas de trabajo positivos e igualitarios, para así prepararlos en su disposición para el aprendizaje.

## REFERENCIAS

- ANTON REMÍREZ, Susana (2017). La clase invertida con Moodle para el aprendizaje del inglés para fines específicos en Grado Superior. *Publicaciones Didácticas* 79, 19-23.
- BRAZUELO, Francisco y GALLEGO, Domingo J. (2011). *Mobile Learning. Los Dispositivos Móviles Como Recurso Educativo*. Sevilla: Mad S.L.
- CALDWELL, Jane E. (2007). Clickers in the Large Classroom: Current Research and Best-Practice Tips. *CBE Life Sciences Education* 6 (1): 9–20.
- CAÑADAS OSINSKI, Isabel y SÁNCHEZ BRUNO, Alfonso (1998). Categorías de respuesta en escalas tipo Likert. *Psicothema* 10 (3): 623–31.
- CASTAÑO, Carlos y CABERO, Julio (2013). *Enseñar y Aprender En Entornos M-Learning*. Madrid: Editorial Síntesis.
- CHAPMAN, Rebekah L., BUCKLEY, Lisa, REVERUZZI, Bianca y SHEEHAN, Mary (2014). Injury Prevention among Friends: The Benefits of School Connectedness. *Journal of Adolescence* 37 (6): 937–44.
- CHEN, Zhiyuan, YANG, Lan, HUANG, Yu, SPENCER, Peter, ZHENG, Weiwei, ZHOU, Ying, JIANG, Songhui, YE, Weimin, ZHENG, Yuxin y QU, Weidong (2019). Carcinogenic Risk of N -Nitrosamines in Shanghai Drinking Water: Indications for the Use of Ozone Pretreatment. *Environmental Science & Technology* May, acs.est.8b07363.
- GEE, James Paul (2004). *What Video Games Have to Teach Us about Learning and Literacy*. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- GIUDICI, Andrea, KALDA, Jaan y SOOMERE, Tarmo (2019). Generation of Large Pollution Patches via Collisions of Sticky Floating Parcels Driven by Wind and Surface Currents. *Marine Pollution Bulletin* 141 (April): 573–85.
- HWANG, Gwo-Jen y CHANG, Hsun-Fang (2011). A Formative Assessment-Based Mobile Learning Approach to Improving the Learning Attitudes and Achievements

- of Students. *Computers & Education* 56: 1023–31.
- KIEFER, Sarah M., ALLEY, Kathleen M. y ELLERBROCK, Cheryl R. (2015). Teacher and Peer Support for Young Adolescents' Motivation, Engagement, and School Belonging. *RMLE Online* 38 (8): 1–18.
- KIM, Hyewon, LEE, Miyoung y KIM, Minjeong (2014). Effects of Mobile Instant Messaging on Collaborative Learning Processes and Outcomes: The Case of South Korea. *Educational Technology & Society* 17 (2): 31–42.
- MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA. (2018). Sistema de Información Sobre Contaminación Acústica – SICA. <http://sicaweb.cedex.es/>.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2014). Los Efectos Sobre La Salud. Organización Mundial de La Salud. [https://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/-databases/health\\_impacts/es/index1.html](https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/-databases/health_impacts/es/index1.html).
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2015). Escuchar Sin Riesgos!. Organización Mundial de La Salud. <https://www.who.int/topics/deafness/safe-listening/es/>.
- PROVENCHER, Jennifer F., VERMAIRE, Jesse C., AVERY-GOMM, Stephanie, BRAUNE, Birgit M. y MALLORY, Mark L. (2018). Garbage in Guano? Microplastic Debris Found in Faecal Precursors of Seabirds Known to Ingest Plastics. *Science of The Total Environment* 644 (December): 1477–84.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2019). Diccionario de La Lengua Española. 2019. <http://www.rae.es/>.
- RUIZ-BUENO, Antoni (2009). Método de Encuesta: Construcción de Cuestionarios, Pautas y Sugerencias. *Revista d'Innovació i Recerca En Educació* 2 (2): 96–110.
- SAHUQUILLO BALSUENA, Elvira, JIMÉNEZ ALEIXANDRE, Maria Pilar, DOMINGO OUVREARD, Fernanda y ÁLVAREZ LIRES, Mari (1983). Un Currículo de Ciencias Equilibrado Desde La Perspectiva de Género. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas* 11 (1): 51–58.
- SOLBES, Jordi, MONTSERRAT, Rosa y FURIÓ, Carles (2007). El Desinterés Del Alumnado Hacia El Aprendizaje de La Ciencia: Implicaciones En Su Enseñanza. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales* 21: 91–117.
- STANEK, Lindsay Wichers, SACKS, Jason D., DUTTON, Steven J. y DUBOIS, Jean-Jacques B. (2011). Attributing Health Effects to Apportioned Components and Sources of Particulate Matter: An Evaluation of Collective Results. *Atmospheric Environment* 45 (32): 5655–63.
- TIAN, Linwei y SUN, Shengzhi (2017). Comparison of Health Impact of Air Pollution Between China and Other Countries. *In Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1017: 215–32.
- TRAXLER, John y VOSLOO, Steve (2014). Introduction: The Prospects for Mobile Learning. *Prospects* 44 (1): 13–28.
- VALDÉS-SOLÍS, Teresa (2018). La Tabla Periódica de Las Científicas. Mujeres Con Ciencia. <https://mujeresconciencia.com/2019/01/01/la-tabla-periodica-de-las-cientificas/>.
- WHITE, Nick, LA SALLE, Tamika, ASHBY, Jeffrey S. y MEYERS, Joel (2014). A Brief Measure of Adolescent Perceptions of School Climate. *School Psychology Quarterly* 29 (3): 349–59.
- ZUMEL-MARNE, Angela, CASTANO-VINYALS, Gemma, KUNDI, Michael, ALGUACIL, Juan y CARDIS, Elisabeth (2019). Environmental Factors and the Risk of Brain Tumours in Young People: A Systematic Review. *Neuroepidemiology* June, 1–21.