

## Filtro Lento en Arena: una experiencia de educación científica en el contexto de la Sostenibilidad Integral

*Slow Sand Filter: a science education experience in the context of Integral Sustainability*

Miriam Hernández Del Barco,<sup>1</sup> Jesús Sánchez Martín,<sup>2</sup> Isaac Corbacho Cuello<sup>2</sup> y Florentina Cañada Cañada<sup>2</sup>

### Resumen

El uso de metodologías activas en la educación superior tiene el potencial de transformar tanto los roles tradicionales de profesor y alumno como los conocimientos y saberes trabajados en el aula. Estos cambios están impulsados por el plan Bolonia. Simultáneamente, la UNESCO exige una respuesta educativa ante los desafíos urgentes y apremiantes que enfrenta nuestro planeta, promoviendo actitudes y comportamientos que aborden de manera holística la situación ambiental. Este artículo materializa estas tendencias educativas mediante la inclusión de la Sostenibilidad Integral en la formación científica docente, a través de una intervención inspirada en la pedagogía del Aprendizaje Basado en Proyectos. La intervención se llevó a cabo con 69 estudiantes que cursaban una asignatura científica en el Grado de Educación Primaria. Se describen detalladamente los pasos de la intervención y se ofrece como recurso para enseñar contenidos relacionados con la enseñanza de la química, específicamente sobre fluidos, procedimientos para medir la masa y el volumen de un cuerpo, así como la separación de componentes de una mezcla mediante filtración. Finalmente, se integran los potenciales beneficios derivados de la implementación de la actividad, según el tipo de conocimiento trabajado, y se relacionan con las dimensiones de la Sostenibilidad Integral.

**Palabras clave:** metodologías activas, educación superior, sostenibilidad integral, Aprendizaje Basado en Proyectos, formación docente.

### Abstract

The use of active methodologies in higher education has the potential to transform both the traditional roles of teacher and student, as well as the knowledge and skills worked on in the classroom. These changes are driven by the Bologna Process. At the same time, UNESCO demands an educational response to the urgent and pressing challenges our planet faces, promoting attitudes and behaviors that address the environmental situation holistically. This article materializes these educational trends by incorporating Integral Sustainability into teacher scientific training through an intervention inspired by Project-Based Learning pedagogy. The intervention was carried out with 69 students enrolled in a scientific course within the Primary Education Degree program. The steps of the intervention are described in detail and offered as a resource for teaching content related to chemistry education, specifically on fluids, procedures for measuring mass and volume of an object, and the separation of components of a mixture through filtration. Finally, the potential benefits derived from the implementation of the activity are integrated, according to the type of knowledge worked on, and related to the dimensions of Integral Sustainability.

**Keywords :** active methodologies, higher education, integral sustainability, Project-Based Learning, teacher training.

### CÓMO CITAR:

Hernández Del Barco, M., Sánchez Martín, J., Corbacho Cuello, I., y Cañada Cañada, F. (2025, abril-junio). Filtro lento en arena: Una experiencia de educación científica en el contexto de la sostenibilidad integral. *Educación Química*, 36(2). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.2.87037>

<sup>1</sup> Universidad de Alcalá, España.

<sup>2</sup> Universidad de Extremadura, España.

## Introducción

La formación de maestros y maestras representa un pilar fundamental en la construcción de una sociedad que valora y promueve una educación de calidad. En este contexto, la adquisición de conocimientos científicos y la consolidación de la alfabetización científica entre los futuros educadores y educadoras se erigen como imperativos educativos ineludibles (Fernández-Nistal y Peña, 2008). Los y las futuros docentes, en su papel esencial de mediadores del aprendizaje, deben poseer un dominio sustancial de conceptos y métodos científicos, lo que les permitirá cultivar en sus estudiantes no solo una comprensión profunda de la ciencia, sino también un espíritu crítico y una apreciación por el método científico (Mellado et al., 2017).

En este artículo se describe una actividad diseñada según los pilares del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), enfocada específicamente en el proceso de filtración y permeada por el concepto de Sostenibilidad Integral. La experiencia docente permite afirmar que esta metodología puede ser una herramienta poderosa para potenciar la comprensión de un concepto fundamental en química, como es la filtración (Hernández-Barco et al., 2022), y abordar algunos de los retos actuales de la enseñanza de las ciencias: interdisciplinariedad y proyección didáctica en relación con la ciencia, la tecnología y la sociedad. En este artículo, por tanto, se describe una experiencia educativa en la formación científica docente, analizando cómo se integra con un nuevo concepto que está en auge: la Sostenibilidad Integral (SI) (Zamora-Polo y Sánchez-Martín, 2019).

### Moviéndonos en el marco de la Sostenibilidad Integral

Las universidades desempeñan un papel relevante cuando un paradigma, como el actual, referido a cómo los seres humanos se relacionan con el ambiente, debe y tiene que ser modificado. Específicamente, alcanzar la Sostenibilidad Integral está relacionado con la actividad universitaria de tres maneras: (1) generación de nuevos conocimientos, (2) el despertar de nuevas y apropiadas competencias y (3) cultivar el interés social en la sostenibilidad (Rieckmann, 2018). Nuestra propuesta es educar en ciencias incluyendo el concepto de Sostenibilidad Integral propuesto por Zamora-Polo y Sánchez-Martín (2019), que trasciende del contenido meramente ambiental para abarcar los constructos cognitivo, afectivo, ético-cívico y sociocultural.

La escasez hídrica tiene un impacto especialmente adverso en las zonas con un nivel de desarrollo insuficiente para satisfacer las necesidades de toda la población. Probablemente la mayoría de las personas más pobres de los países en vías de desarrollo se ven obligadas a beber agua que no es apta para el consumo humano (Seckler et al., 1999). La problemática del acceso al agua es un reto para las sociedades actuales: lograr el acceso universal al agua potable es cuestión de justicia climática y ambiental, que se podrá lograr al integrar avances tecnológicos, sociales y ambientales con la voluntad política. Investigaciones

previas de nuestro grupo de trabajo se han centrado en dar valor a prácticas tradicionales de comunidades no contactadas (Hernández-Barco et al. (2020). Desde la inclusión de los términos *Sumak Kawsay* y *Buen-Vivir* en las constituciones de Ecuador y Bolivia, los Objetivos de la Agenda 2030 han sido criticados por no estar adaptados a los complejos contextos marcados por una fuerte crisis ecológica y la hegemonía capitalista (Lalander y Cuestas-Caza, 2018). Los Objetivos del Buen Vivir aparecen como una propuesta alternativa a los ODS, tras identificar multitud de incongruencias en su planteamiento. Hidalgo-Capitán et al. (2019) definen los ODS como un modelo de maldesarrollo insostenible, sustentado en la colonialidad, patriarcalidad, heteronormalidad del poder-saber-ser en el capitalismo y en el antropocentrismo.

En nuestra propuesta, sensibilizados y alertados por los estudios de Hidalgo-Capitán et al. (2019), se integran los aspectos de la Sostenibilidad Integral trabajando a través de la filtración lenta con arena, el sistema de tratamiento de aguas más antiguo utilizado por la humanidad. En muchas zonas que sufren de escasez hídrica se utilizan filtros lentos de arena (FLA) como recurso para obtener agua limpia (Islam et al., 2013). Es una técnica que aprovecha las propiedades físicas y químicas de la arena para eliminar partículas y contaminantes del agua, logrando así obtener agua apta para diversos usos. Los procesos físicos y biológicos, como la sedimentación y la adsorción, contribuyen a la purificación del agua.

### Implementación de metodologías activas en la educación superior

Desde hace décadas, sucesivas investigaciones educativas en todo el mundo reiteran que los sistemas educativos deben vincularse con las nuevas necesidades personales, sociales y de empleo de los ciudadanos: habilidades comunicativas, resiliencia, adaptación, reflexión, cooperación o creatividad (Rieckmann, 2018). El ABP es una metodología pedagógica que sitúa al estudiante en el foco como constructor de su propio aprendizaje, siendo capaz de resolver problemas o retos específicos de forma autónoma (Wood, 2004), mientras que los profesores proporcionan la supervisión y el apoyo necesarios. Es una metodología consolidada que ya ha demostrado numerosos beneficios en la formación de docentes derivados de su multidisciplinariedad, por ser valorada positivamente por los estudiantes que participan en ella y por el desarrollo de competencias transversales como la creatividad, la comunicación o el trabajo en equipo (Aguirregabiria y García-Olalla, 2020).

La intervención contemplada en este artículo, como actividad de aula, permite integrar las distintas áreas de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM). Al mismo tiempo, se trabajan otras dimensiones relacionadas con la escasez hídrica, justicia social o distribución de los recursos en el planeta. Los y las docentes de educación primaria en formación deben aprender e incluir dentro de sus clases de ciencias prácticas de laboratorio *low-cost*, en lugar de utilizar caros equipamientos de laboratorio, para mejorar las habilidades científicas de sus futuros estudiantes (Hırça, 2013). Esta experiencia educativa busca amalgamar el desarrollo académico con la sensibilización social, brindando a los maestros y maestras en formación una perspectiva holística de la ciencia y su aplicación en el mundo real. El uso de esta metodología propicia la conexión entre la comprensión teórica de la filtración y su aplicación práctica en proyectos con impacto comunitario, enriqueciendo así su formación científica y pedagógica.

## Metodología

### *Muestra y procedimiento*

Esta intervención se ha llevado a cabo con 69 maestros y maestras en formación (22 años, 64,4 % hombres) matriculados en la asignatura de Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria (7º semestre) durante el curso 2020/2021 en la Universidad de Extremadura (Badajoz, España). La muestra fue elegida de forma conveniente, no aleatoria. Con respecto a sus estudios de procedencia, el 20 % provienen de estudios superiores de ciencias y tecnología y el 80 % provienen de estudios superiores relacionados con humanidades y ciencias sociales.

### *Materiales y recursos necesarios para la implementación del FLA*

Para la construcción del filtro lento de arena (FLA), los materiales necesarios son los siguientes:

- Una botella de plástico de 1L, que servirá como contenedor del filtro de arena. Es necesario cortar la parte inferior de forma transversal para poder manipular el interior de la botella. Cuanto más rígido sea el plástico de la botella, mayor será la resistencia del filtro.
- 500 gramos de arena. Se puede utilizar cualquier tipo de arena para esta actividad, ya que luego se separarán las distintas capas (gruesa, media y fina) mediante cedazos o coladores, para ordenarlas dentro del filtro de menor grosor a mayor grosor (de abajo hacia arriba).
- Un aparato de sujeción para el filtro; en este caso, se ha utilizado un soporte de laboratorio con pinza, anillo y nuez.
- Una bomba peristáltica. En esta experiencia se utilizó una bomba peristáltica de flujo variable (Modelo Dykson D21V-50-2r)13F, de la cual se calcularán los caudales en sus diferentes velocidades.
- Mangueras para extraer el agua sucia, verterla en el filtro, recoger el agua filtrada y verterla en un recipiente.
- Agua sucia, que se extraerá de un tanque mediante la bomba.
- Tres cedazos o coladores, para separar las diferentes capas de arena.
- Tubos de ensayo, para recoger las muestras de agua filtrada.
- Pipeta Pasteur, de la cual será necesario cortar una sección para unir el tapón de la botella con la manguera que extrae el agua y la vierte fuera.
- Un taladro, necesario para perforar el tapón de la botella y conectar la pipeta con la manguera para la salida del agua.
- Una báscula, para medir la masa de arena utilizada (y, conociendo su volumen, estimar el volumen que ocupará en el filtro).

### *Descripción de la experiencia de realización del filtro lento en arena*

La actividad se desarrolló en dos sesiones de 3 horas cada una, separadas por una semana. Los estudiantes asistieron en grupos reducidos (20 alumnos) y trabajaron en grupos de 3, organizándose de manera autónoma para realizar las actividades descritas a continuación:

### ***Actividad 1. Introducción: ¿Por qué el agua?***

Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, así como el saneamiento para todos, es el objetivo del ODS 6: agua limpia y saneamiento. El acceso al agua, saneamiento e higiene es un derecho humano, pero miles de millones de personas enfrentan dificultades para acceder a los servicios más básicos. La escasez de agua afecta a más del 40 % de la población mundial (UNESCO, 2019). En esta primera actividad, los y las docentes en formación diseñaron una actividad didáctica para sensibilizar a estudiantes de 8 a 10 años (de educación primaria) sobre la problemática del agua. La intención también fue sensibilizar a los y las futuros docentes, hacer una búsqueda sobre los recursos disponibles en internet y diseñar una actividad apropiada para sus estudiantes. Esta actividad comenzó en el aula, pero los alumnos la completaron fuera de ella.

### ***Actividad 2. Principios científicos del funcionamiento de un filtro: ¿Cómo funciona un filtro?***

Los participantes elaboraron un material audiovisual (un vídeo corto) para explicar a estudiantes de primaria los fundamentos científicos de la filtración (cómo se produce y qué se logra con ella). Esta actividad comenzó en el aula, pero los alumnos la completaron fuera de ella.

### ***Actividad 3. Tipos de filtro***

Existen diversos filtros, según su flujo (lento o rápido) y su composición (papel, algodón, material textil, carbón activado, etc.), cada uno con distintas aplicaciones según el uso. Además, el rango de precios varía entre materiales, y muchos requieren de conocimientos técnicos para su manejo. En esta actividad, los estudiantes elaboraron un esquema con los diferentes tipos de filtros, sus características, estimaciones económicas y la dificultad de operación. La intención fue reflexionar sobre la idoneidad de trabajar con filtros lentos de arena, ya que son accesibles en cualquier lugar del planeta, no requieren sustancias químicas ni reactivos para su funcionamiento, pero necesitan un buen diseño y mantenimiento para evitar la colmatación y mantener su eficiencia. Esta actividad comenzó en el aula, pero los alumnos la completaron fuera de ella.

### ***Actividad 4. Caudalometría***

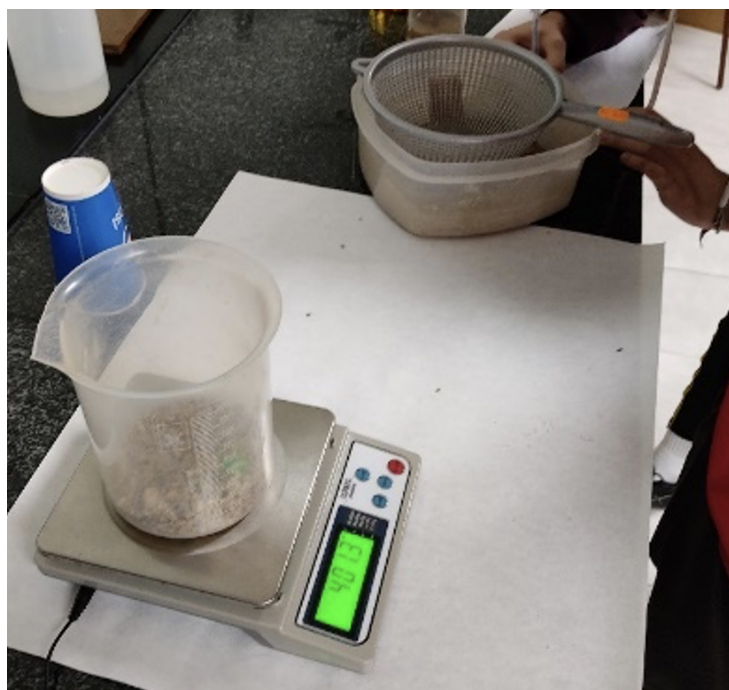
El FLA tiene dos puntos clave: su lentitud (caudal pequeño) y el uso de arena. En esta primera actividad manipulativa, los participantes debían determinar el caudal. Un aspecto clave en el diseño de un filtro lento es la velocidad de flujo o caudal. Como el FLA opera en un estado estacionario (el mismo volumen entra y sale del filtro de manera constante), es necesario fijar el caudal de trabajo de la bomba. Para ello, inicialmente se debe conocer la relación entre las velocidades de la bomba y el volumen de agua que mueve. La actividad consistió en medir volúmenes y caudales de una bomba, permitiendo conocer las relaciones entre las velocidades de la bomba y el volumen de agua que mueve (caracterización del caudal de bombeo). Los participantes llenaron una hoja de Excel según la velocidad de la bomba seleccionada y el tiempo del volumen bombeado, extrayendo de ahí el caudal ( $\text{caudal} = \text{volumen bombeado (mL)} / \text{tiempo (s)}$ ). Esta hoja de Excel se proporcionó como material complementario. Después de obtener los datos, los participantes representaron gráficamente la variación del volumen bombeado por el tiempo y la variación del caudal medio bombeado ( $\text{mL/s}$ ) en cada una de las velocidades. Esta actividad se realizó en el laboratorio.



### Actividad 5. Granulometría

El lecho de arena en un filtro suele estar compuesto por varias capas con diferentes granulometrías, desde gravas finas en la parte inferior hasta arena gruesa en la parte superior. Esta estratificación mejora la filtración al atrapar partículas de diferentes tamaños. En esta actividad, los estudiantes se encargaron de diseñar el lecho filtrante. La granulometría mide el tamaño de las partículas que conforman el lecho y es crucial para determinar el tipo de depuración que se logrará. En el proceso de construcción del filtro, se debían establecer varias variables: 1) el número de capas de filtración y 2) el espesor total del lecho filtrante. Generalmente, no es necesario un lecho muy grueso para obtener un buen filtrado, ya que la mayor parte de las impurezas se retienen en la capa exterior, pero su diseño es fundamental.

Primero, es necesario separar las tres fracciones de arena (gruesa, media y fina) utilizando tres cedazos distintos y calcular el volumen total de la arena, así como el volumen de cada una de sus fracciones (en  $\text{cm}^3$ ). Para ello, se debe conocer la masa de cada fracción de arena utilizada en la construcción del filtro (Figura 1). Utilizando el diámetro y el área de la botella (área de la botella =  $\pi r^2$ ), se puede estimar la altura prevista del lecho filtrante, y finalmente comparar este valor con las alturas reales, las cuales se miden utilizando una regla. Esta actividad se llevó a cabo en el laboratorio.



**FIGURA 1.** Docentes en formación de educación primaria pesando y separando las distintas fracciones de arena que utilizarán para construir su filtro.

### Actividad 6. Construcción del filtro y puesta en marcha

Una vez determinado el caudal y diseñado el lecho filtrante, los alumnos procedieron a la construcción del filtro. Este se construye sobre una botella de plástico vacía, instalada en un soporte. Para ello, fue necesario cortar la base de la botella (Figura 2) y colocarla en el soporte boca abajo. Luego, se añaden las capas de arena, comenzando con la más fina en la capa inferior y la más gruesa en la parte superior para reducir la colmatación del filtro. También fue preciso perforar el tapón de la botella e introducir una cánula (como una pipeta Pasteur, por ejemplo) para conectarla con las tuberías para la salida de agua limpia.

Una vez completada la instalación, se comenzó a verter el agua turbia, previamente “ensuciada” con caolín, utilizando la bomba peristáltica. El agua caía por gravedad y era vertida en un recipiente. Posteriormente, se comparó cualitativamente la muestra de agua obtenida con tres muestras de diferente turbidez. Esta actividad también se llevó a cabo en el laboratorio. Durante las clases, se les animó a compartir y difundir su experiencia a través de redes sociales (Instagram, TikTok, Twitter, etc.).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Algunas de las experiencias se pueden consultar en: <https://twitter.com/carlosmancha11/status/1341030671888896003>

**FIGURA 2.** Alumno cortando la base de la botella y comenzando a verter la arena en el filtro.



## Resultados y discusión

La experiencia descrita es un ejemplo de cómo es posible trabajar, durante la formación de maestros y maestras, la didáctica de la química integrando los principios de la Sostenibilidad Integral, mientras se abordan los contenidos del currículo exigidos por la legislación vigente. En la Tabla 1 se recogen algunos de los posibles beneficios derivados de la implementación de la actividad, según el tipo de conocimiento trabajado, y se indica qué dimensión de la Sostenibilidad Integral (Zamora-Polo y Sánchez-Martín, 2019) es posible abordar: C – Dimensión Cognitiva; A – Dimensión Afectiva; S – Dimensión Sociocultural y EC – Dimensión Ético-cívica.

| Beneficios                                   | SI     | Descripción                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aplicación práctica de conceptos científicos | C      | Aplicar y entender conceptos científicos fundamentales: sedimentación, adsorción, interacciones partícula-material, flujo de fluidos, filtración                                                                                                      |
| Comprensión de procesos de filtración        | C      | La interacción entre el agua y la arena en un FLA permite a los maestros y maestras en formación comprender en detalle los procesos químicos y físicos implicados (adsorción, sedimentación, interacciones superficiales...)                          |
| Propiedades de la arena                      | C      | Explorar las propiedades químicas y físicas de la arena, como su estructura molecular y su capacidad de retención, ayuda a los futuros maestros y maestras a comprender cómo se utilizan estas propiedades en un contexto real para purificar el agua |
| Química del agua                             | C      | Aplicar y reforzar conceptos de química del agua: contaminación, soluciones, adsorción, separación de sustancias...                                                                                                                                   |
| Parámetros de calidad del agua               | C<br>S | Comprender los parámetros que afectan la calidad del agua y cómo estos parámetros pueden ser controlados y mejorados mediante procesos de filtración. Relación con escasez hídrica y saneamiento en las distintas partes del mundo                    |
| Observación y experimentación                | C<br>A | Este tipo de observación práctica promueve la experimentación al permitir que los estudiantes comprendan las variables que afectan la eficiencia de la filtración, estas experiencias son valoradas emocionalmente como positivas por los estudiantes |

**TABLA 1.** Potenciales beneficios de la implementación del Filtro Lento de Arena en la formación científica de docentes.

|                                                |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Relevancia práctica                            | S<br>EC           | La conexión con aplicaciones prácticas (obtención agua limpia) sirve para reconocer la relevancia de los conceptos científicos en situaciones cotidianas. Comprender cómo proporcionar agua potable segura es esencial para la enseñanza efectiva y la conciencia ambiental                                      |
| Aplicación práctica de conocimientos químicos  | C<br>A<br>EC<br>S | Relacionar la teoría aprendida con su aplicación práctica, lo que les permite conectar la ciencia con el mundo real y facilitar la enseñanza efectiva de estos conceptos a sus futuros estudiantes                                                                                                               |
| Interdisciplinariedad (STEAM)                  | C<br>S<br>EC      | Puede vincularse con varias disciplinas (química, física, biología, ciencias ambientales, economía, derecho, antropología, ...). Este enfoque enriquece la comprensión global de los estudiantes sobre diversos aspectos científicos relacionados con el sistema favoreciendo un análisis crítico y la reflexión |
| Sostenibilidad y responsabilidad ambiental     | EC                | Alinea la formación científica con las actuales demandas de promoción de actitudes y comportamientos ambientalmente responsables, satisfaciendo las peticiones de la UNESCO, despertando un sentimiento de responsabilidad co-generacional e intra-generacional                                                  |
| Estímulo para la enseñanza creativa            | C<br>A            | Favorece el desarrollo de la creatividad para el diseño de actividades con sus estudiantes en el futuro, utilizando métodos innovadores y didácticos que despierten el interés, mejoran las actitudes hacia el aprendizaje en ciencias y favorece la comprensión de los estudiantes                              |
| Fomento de la enseñanza activa y participativa | C<br>A            | Pueden adquirir habilidades para llevar a cabo demostraciones prácticas en el aula, fomentando así un enfoque más interactivo y participativo en la enseñanza de la química                                                                                                                                      |
| Sostenibilidad                                 | EC                | Mayor conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad, la gestión del agua y la relevancia de la química en la solución de problemas ambientales. Preocupación ambiental, equidad y ética global                                                                                                            |
| Cooperación al desarrollo                      | S<br>EC           | Sensibilización con la escasez hídrica, conocimiento de la política ambiental global.                                                                                                                                                                                                                            |

El trabajo por la Sostenibilidad Integral aún se encuentra en fases muy tempranas en la educación superior, ya que no es tarea fácil diseñar y poner en marcha actividades de enseñanza que estén alineadas con los principios de sostenibilidad (Rubio et al., 2019). Para ello, es necesario involucrar a estudiantes, profesorado y todo el personal en una visión global de las actividades locales, valorando las actitudes positivas hacia el medio ambiente y el deseo de vivir una vida mejor en un mundo más seguro para todos (Altmann, 2019).

Según Caamaño (2018), la enseñanza de la química presenta dificultades específicas en los procesos de enseñanza y aprendizaje, relacionadas con el currículo, los esquemas mentales de los estudiantes, la transferencia de contenidos a la vida real y la relevancia de la química en la vida cotidiana. Por otro lado, Barraqué et al. (2021) destacan cómo los estudiantes, al enfrentarse a dificultades en el proceso de aprendizaje de la química, atribuyen



estas a un enfoque tradicional de enseñanza, que perciben como poco motivador, y expresan la necesidad de una mayor participación en el aula. Este aspecto cobra especial relevancia durante la formación inicial de docentes, dada la enorme responsabilidad que tendrán en la transmisión de conocimientos y emociones a los estudiantes de educación primaria.

La implementación y comprensión del sistema de filtración lenta con arena en el contexto del currículo de formación científica de maestros y maestras podría enriquecer significativamente la educación de futuros docentes. Investigaciones previas muestran cómo trabajar a través del FLA mejora no solo el componente afectivo, sino que también permite a los alumnos aprender contenido científico y mejorar su conciencia ambiental (Hernández-Barco et al., 2022).

Wolff et al. (2017) encuentran dos razones por las cuales incluir la sostenibilidad en la formación de maestros y maestras es una tarea compleja: en primer lugar, porque entra en conflicto con la mayoría de las tendencias políticas y sociales, y en segundo lugar, porque la formación de maestros y maestras se realiza en la universidad y está basada en disciplinas académicas separadas. Nuestra propuesta permite un abordaje interdisciplinar, inspirado en las bases de la Sostenibilidad Integral.

## Conclusiones

La función de la universidad no es solo formar buenos profesionales, sino también formar buenas personas que puedan liderar los cambios sociales necesarios para hacer del mundo un lugar mejor. Liderar esos cambios es muy complejo; sin embargo, considerando las funciones de la universidad (docencia, investigación y transferencia), parece un lugar adecuado para sembrar la semilla del cambio, sensibilizar frente a las desigualdades y utilizar cuestiones socio-científicas para enseñar los contenidos curriculares.

Aunque la universidad es un lugar idóneo para trabajar la Sostenibilidad Integral y existen personas comprometidas en las instituciones, normalmente los profesores no se involucran personalmente en tareas que excedan sus funciones. La actual crisis climática requiere con urgencia una remodelación de la función universitaria, en la que los y las docentes se involucren en la difusión de actividades relacionadas con el clima, fomenten conciencias sostenibles en los estudiantes y muestren la realidad planetaria, incluyéndola de forma explícita en el currículo universitario.

En este artículo se describe una intervención didáctica consistente en la construcción de un modelo de Filtro Lento en Arena y se ofrece como resultado de este trabajo una propuesta para la enseñanza de la química en el Grado de Educación Primaria. Así, se abordan también los retos que genera la formación científica de docentes, integrando la Sostenibilidad Integral a través de las dimensiones cognitiva, afectiva, sociocultural y ético-cívica. Como contribución valiosa para la comunidad educativa, se presenta una reflexión sobre la actividad, con perspectivas y recomendaciones que puedan impulsar futuras prácticas pedagógicas centradas en la ciencia y en la participación activa de los maestros y maestras en formación en la construcción de una sociedad más informada y comprometida. Más allá de la memorización de contenidos y la realización de actividades, este tipo de intervenciones permite el aprendizaje permanente y a lo largo de toda la vida, y puede ser transferido para afrontar entornos imprevistos, diversos y cambiantes.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación MCIN/AEI/10.13039/501100011033 mediante el proyecto PID2020-115214RB-I00.

## Referencias

- Aguirregabiria, F. J., y García-Olalla, A. (2020). Aprendizaje basado en proyectos y desarrollo sostenible en el Grado de Educación Primaria. *Enseñanza de las ciencias*, 38(2), 5-24.
- Altmann, P. (2019). Los pueblos indígenas en el buen vivir global, un concepto como herramienta de inclusión de los excluidos. *Iberoamerican Journal of Development Studies*, 8(1), 58-80. <https://doi.org/10.26754/ojs>
- Barraqué, F., Sampaolesi, S., Briand, L. E., y Vetere, V. (2021). La enseñanza de la química durante el primer año de la universidad: El estudiante como protagonista de un aprendizaje significativo. *Educación Química*, 32(1). <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.1.75760>
- Camaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: Un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación Química*, 29(1), 21-54. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.6368>
- Cañada, F., Gallego, A., Jeong, J., y González-Gómez, D. (2018). Influencia de la metodología flipped en las emociones sentidas por estudiantes del Grado de Educación Primaria en clases de ciencias dependiendo del bachillerato cursado. *Educación Química*, 29(1), 77-88. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63698>
- Dávila-Acedo, M. A., Cañada-Cañada, F., Sánchez-Martín, J., y Mellado, V. (2018). Las emociones en el aprendizaje de física y química en la educación secundaria: Causas relacionadas con el estudiante. *Educación Química*, 27(3).
- Fernández-Nistal, M. T., y Peña, S. H. (2008). Concepciones de maestros de primaria sobre el planeta Tierra y gravedad: Implicaciones en la enseñanza de la ciencia. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10(2), 1-25.
- Hernández-Barco, M., Sánchez-Martín, J., Blanco-Salas, J., y Ruiz-Téllez, T. (2020). Teaching Down to Earth—Service-Learning Methodology for Science Education and Sustainability at the University Level: A Practical Approach. *Sustainability*, 12(2), 542. <https://doi.org/10.3390/su12020542>
- Hernández-Barco, M., Sánchez-Martín, J., Corbacho-Cuello, I. y Cañada-Cañada, F. (2022). Is sustainability an exhausted concept? Bridging the gap from environmental awareness to emotional proficiency in science education through integral sustainability. *Heliyon*, 8(12).
- Hidalgo-Capitán, A. L. H., Álvarez, S. G., Guevara, A. P. C., y Carranco, N. M. (2019). Los objetivos del Buen Vivir: Una propuesta alternativa a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Revista Iberoamericana de Estudios de Desarrollo*, 8(1), 6-57.

- Hırça, N. (2013). The influence of hands-on physics experiments on scientific process skills according to prospective teachers' experiences. *European Journal of Physics Education*, 4(6), 1-9.
- Islam, A. M., Sakakibara, H., Karim, R., y Sekine, M. (2013). Potable water scarcity: Options and issues in the coastal areas of Bangladesh. *Journal of Water and Health*, 11(3), 532-542. <https://doi.org/10.2166/wh.2013.215>
- Lalander, R., y Cuestas-Caza, J. (2018). El Sumak Kawsay y el Buen-Vivir. *Trayectorias Humanas Trascontinentales*, 3. <https://doi.org/10.25965/trahs.899>
- Mellado, L., De la Montaña, J. L., Luengo, M. R., y Bermejo, M. L. (2017). Cambios en las emociones y en las metáforas sobre el rol docente y del alumnado, del futuro profesorado de ciencias de secundaria, tras las prácticas de enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 487-504.
- Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: Key competencies. In W. J. Leicht, A. Heiss, y J. Byun (Eds.), *Issues and trends in education for sustainable development* (1st ed., pp. 39-59). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Rubio, R. M., Uribe, D., Moreno-Romero, A., Yáñez, S., y Susana, Y. (2019). Embedding sustainability competences into engineering education: The case of informatics engineering and industrial engineering degree programs at Spanish universities. *Sustainability*, 11(20). <https://doi.org/10.3390/su11205832>
- Seckler, D., Randolph, B., y Amarasinghe, U. (1999). Water scarcity in the twenty-first century. *International Journal of Water Resources Development*, 15(1-2), 29-42.
- UNESCO. (2019). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/>
- Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2018). Más allá de la comprensión científica: Educación científica para desarrollar el pensamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336.
- Wood, E. J. (2004). Problem-based learning: Exploiting knowledge of how people learn to promote effective learning. *Bioscience Education*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.3108/beej.2004.03000006>
- Wolff, L.-A., Sjöblom, P., Hofman-Bergholm, M., y Palmberg, I. (2017). High performance education fails in sustainability? — A reflection on Finnish primary teacher education. *Education Sciences*, 7(32), 1-22. <https://doi.org/10.3390/educsci7010032>
- Zamora-Polo, F., y Sánchez-Martín, J. (2019). Teaching for a better world: Sustainability and sustainable development goals in the construction of a change-maker university. *Sustainability*, 11(15), 4224. <https://doi.org/10.3390/su11154224>