

# Secuencia de educación ambiental sobre contaminación: un juego empleando analogías y una experiencia ilustrativa

**Javier Martínez-Aznar**

*Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación. Universidad de Zaragoza. España. [aznar@unizar.es](mailto:aznar@unizar.es)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5899-7067>*

**Pedro Lucha López**

*Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación. Universidad de Zaragoza. España. [plucha@unizar.es](mailto:plucha@unizar.es)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3072-7318>*

[Recibido: 14 septiembre 2022. Revisado: 12 enero 2023. Aceptado: 7 febrero 2023]

**Resumen:** La contaminación por lindano tiene gran relevancia social en la cuenca del río Gállego (Aragón). El propósito de este trabajo es dar a conocer una secuencia de educación ambiental, realizada por medio millar de escolares, destinada a que alumnos de 5º y 6º de Primaria tomaran conciencia sobre la amenaza para la biota que supone este contaminante, así como lo difícil que resulta su identificación y eliminación. Concretamente se trabajaron los siguientes contenidos: tipos de contaminación y sus consecuencias en los seres vivos, contaminantes incoloros y punto de no retorno. La secuencia, de una sesión de duración, cuenta con dos actividades. La primera se basa en el popular juego de las sillas y se fundamenta en el aprendizaje a través del uso de analogías. La segunda consiste en la realización de una experiencia ilustrativa del concepto ecológico de punto de no retorno y muestra que algunos contaminantes pueden ser incoloros. La secuencia tuvo una gran aprobación por parte de los docentes.

**Palabras clave:** Enseñanza mediante analogías; juego; agua; efectos de la contaminación; Primaria.

## **Environmental education sequence on pollution: a game using analogies and an illustrative experience**

**Abstract:** Lindane contamination is of great social relevance in the Gállego river basin (Aragón). The purpose of this work is to publicise an environmental education sequence, carried out by five hundred school children, aimed at making 5th and 6th year primary school pupils aware of the threat to biota posed by this pollutant, as well as how difficult it is to identify and eliminate it. Specifically, the sequence dealt with the following contents: types of pollution and their consequences on living beings, colourless pollutants and tipping point. The sequence, one session long, has two activities. The first is based on the popular game of musical chairs and is based on learning through the use of analogies. The second is an experience that illustrates the ecological concept of the point of no return and shows that some pollutants can be colourless. The sequence was very well received by the teachers.

**Keywords:** Teaching through analogies; game; water; effects of contamination; Primary education.

---

**Para citar este artículo:** Martínez-Aznar, J. & Lucha López, P. (2023) Secuencia de educación ambiental sobre contaminación: un juego empleando analogías y una experiencia ilustrativa. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad* 5(1), 1501. doi: 10.25267/Rev\_educ\_ambient\_sostenibilidad.2023.v5.i1.1501

---

## Contextualización: lindano, problemática y participantes

El lindano es un insecticida cuyo uso agrícola está prohibido en la Unión Europea desde 2008 por sus efectos negativos en la salud de las personas, animales y ecosistemas (Reglamento (CE) núm. 850, 2004). Loomis *et al.* (2015) consideran al lindano un agente carcinogénico. Este producto químico fue fabricado en las instalaciones que la empresa Inquinosa tenía en Sabiñánigo (Aragón). Los residuos generados convirtieron el entorno de Sabiñánigo en uno de los principales focos mundiales de contaminación por lindano (González y Cuchí, 2016), obligando a prohibir, en algunas ocasiones, el consumo de agua de boca en localidades del valle del río Gállego. Esta situación generó protestas en la zona y alarma social. La presencia del lindano se extiende más allá del propio río y aparece en diversos ecosistemas aledaños, incluso, por ejemplo, en algunos ibones (lagos de montaña pirenaicos) situados aguas arriba de Sabiñánigo (Santolaria *et al.*, 2015).

La prensa local y autonómica -en casos puntuales también la estatal- se hicieron eco de la situación que se vivió en la ribera del Gállego (ver Figura 1). El alumnado también se ve influido por los medios de comunicación; que pueden suponer una fuente inagotable de información, motivación, entretenimiento y manipulación (Gadea, 2015).



**Figura 1.** Noticias de prensa relacionadas con el problema ambiental y social que supone el lindano en la cuenca del Gállego. En el Anexo I pueden consultarse la fecha de publicación de cada noticia, el medio de comunicación y el enlace de acceso. Elaboración propia.

El lindano no da color al agua cuando se disuelve en ella y además tiene la propiedad de resultar nocivo en concentraciones muy bajas (CPNA, 2015). Una vez que un agua o un suelo están contaminados por lindano resulta muy complicada su descontaminación (González y Cuchí, 2016). Habitualmente, los alumnos de Primaria asocian contaminación con suciedad (Tena *et al.*, 2019). Sin embargo, parte de la contaminación que amenaza la biodiversidad y la salud de los seres vivos es invisible (óxidos de azufre o de nitrógeno en la atmósfera o la presencia de metales pesados carcinogénicos en el agua).

Para ilustrar (a) dos propiedades de algunos de los contaminantes con los que convivimos (invisibilidad y punto de no retorno) y (b) las consecuencias de la presencia de otros tipos de contaminación en el entorno del alumnado, se diseñó una secuencia de sensibilización compuesta por dos actividades. Las actividades fueron realizadas por 501 escolares de siete centros educativos del Alto Aragón de 5º y 6º de Educación Primaria durante el curso 2017-2018 en el aula de la naturaleza Félix de Azara de la Diputación Provincial de Huesca.

La secuencia de actividades descrita en este trabajo constituye un ejemplo de educación ambiental (en adelante, EA) orientada a acercar, a un número elevado de escolares, un tema actual, de relevancia social, con afecciones en un extenso territorio. Los objetivos que se pretendían con esta actividad fueron:

- Contribuir al aprendizaje del bloque 2 (“El mundo en el que vivimos”) de Ciencias Sociales del currículum aragonés y del bloque 3 (“Los seres vivos”) de Ciencias de la Naturaleza (Orden de 16 de junio de 2014, BOA nº 119, 20 de junio de 2014).
- Aproximarse a las consecuencias acumulativas y perjudiciales de los diferentes tipos de contaminación en los seres vivos.
- Comprender que los contaminantes pueden ser incoloros.
- Entender que un nivel de contaminación puede suponer un punto de no retorno.

## Marco teórico

### La EA y el juego

La EA, como educación no formal y especialmente cuando se trabaja de manera puntual, lleva asociada una limitación considerable de tiempo. Para llevar a cabo las dos actividades descritas en este trabajo se dispuso de 35 minutos, puesto que la secuencia formó parte de una unidad didáctica de mayor extensión denominada *¿Somos basura?* García-Díaz *et al.* (2019) ponen de manifiesto cierta dispersión metodológica en EA. Dispersión propiciada, en parte, por el elevado número de alumnos y la limitación temporal.

A pesar de las limitaciones, la EA en este contexto educativo también presenta ventajas: resulta motivadora para el alumnado porque refuerza el sentido de aula como conjunto (Pérez-Mora y Barrio, 2020). También, debido a la curiosidad que genera una actividad novedosa fuera del aula. Cuanto mayor es la curiosidad sobre una situación o un tema, más fácil resulta aprender y recordar por la activación del hipocampo y la memoria (Gruber *et al.*, 2014). Un recurso como el juego que aúna el componente afectivo y lúdico es fundamental en la EA porque facilita una relación emotiva con el entorno y favorece la asimilación de conceptos y contenidos (Bueno González, 2000). Los juegos de movimiento son considerados como activadores del aprendizaje porque el cerebro y el cuerpo aprenden y funcionan de forma interconectada (Mora, 2013).

Partiendo de la necesidad de cambiar las relaciones del ser humano con el medio natural y con sus congéneres (Bautista-Cerro *et al.*, 2019) se seleccionó, modificó y amplió el juego tradicional de las sillas para convertirlo en el juego de la *silla contaminada*, con el propósito de comprender que los diferentes tipos de

contaminación tienen consecuencias en los seres vivos. El potencial educativo de este juego se basa en el uso de analogías.

### **Analogías**

Marrero Galván y González Pérez (2023) recopilan y analizan 31 trabajos sobre analogías, evidenciando su relevancia en la didáctica de las ciencias. Las analogías son elementos esenciales, tanto en la elaboración de teorías científicas (Campbell, 1920) como en la enseñanza de las ciencias (Glynn, 1991; Oliva, 2008; Adúriz-Bravo y González Galli, 2021). Según algunos autores, el razonamiento analógico es el principal recurso cognitivo con el que cuentan los científicos para construir sus representaciones (Nersessian, 1992; Schuster, 2005). El principal potencial del empleo de analogías en la enseñanza de las ciencias reside en que estas permiten comprender nuevos conceptos a través de su comparación con otros con los que los aprendices se sienten familiarizados (Glynn, 1991). Al elemento conocido se le denomina análogo (Glynn, 1991), fuente (Oliva, 2008) o dominio base (Adúriz-Bravo, *et al.*, 2005) y al objeto de aprendizaje y comprensión, blanco (Glynn, 1991; Oliva, 2008) o dominio de destino (Adúriz-Bravo *et al.*, 2005).

Lo más frecuente en las aulas es que las analogías aparezcan recogidas en libros de texto o manuales o que sean presentadas por quien enseña. Así utilizadas permiten, por ejemplo, concretar ideas abstractas, clarificar conceptos y fenómenos y motivar al alumnado. Sin embargo, cuando son los alumnos quienes elaboran o analizan críticamente las analogías se convierten en un fenómeno interno que tiene la facultad de fomentar la capacidad de abstracción y desarrollar la imaginación (Oliva, 2008).

La realización de varias actividades en un periodo breve de tiempo, con numerosos alumnos, en un contexto educativo no formal dificulta, si no impide, alcanzar semejante aprovechamiento educativo de este elemento. Así, en la primera de las actividades se recurrió a las analogías para mostrar al alumnado participante algunos conceptos nuevos y abstractos (los efectos de ciertos tipos de contaminación en la fauna) a partir de una serie de elementos concretos y conocidos (el juego de la silla (contaminada)). Emplear un juego conocido permite superar el problema que puede producirse con otro tipo de analogías en las que no resulta evidente para un lego en la materia discernir cuál es el dominio base y cuál el dominio destino (Else *et al.*, 2003).

Durante la presentación de la actividad, se relataba a los alumnos que iban a participar en un juego parecido al tradicional juego de las sillas para comprender los efectos adversos que tienen sobre la fauna diferentes tipos de contaminantes. Para ello se contaba con sillas que representaban diferentes ecosistemas. Los alumnos jugaban el papel de animales de esos ecosistemas. El análogo de un ecosistema contaminado era una tarjeta informativa sobre la silla. Para ilustrar las posibles consecuencias de la contaminación acústica: daño auditivo (García-Ferrandis *et al.*, 2010) (dominio de destino) se decidió incorporar en el juego un casco insonorizado (dominio base); obviando otros efectos negativos como estrés, falta de concentración, etc. Como análogo de los efectos de la contaminación lumínica se emplearon unas gafas de bucear con los cristales tintados para que disminuyera la agudeza visual de quienes las portaban. Para representar los efectos de la contaminación atmosférica se recurrió a un correpasillos, con el mango recortado, para obligar al portador a avanzar agachado, situación análoga a la que se produce en un incendio, en donde el aire caliente asciende y para poder respirar se necesita aproximarse al suelo. En la

analogía de la contaminación del suelo se tuvo en cuenta que los contaminantes presentes en el suelo pueden hacer su entrada en los organismos mediante diversas vías, ingestión, inhalación y absorción por la piel (Steffan, 2018), y que tienen consecuencias. La concreción de la consecuencia fue la dificultad para desplazarse, materializada mediante una cojera provocada por un zanco. Finalmente, la contaminación del agua obligaba a atarse las piernas con una cuerda, lo que dificultaba el movimiento, algo que ciertos contaminantes provocan a la fauna de los ecosistemas acuáticos y que puede llegar a comprometer la supervivencia. La equivalencia entre los elementos del dominio base y del dominio de destino pueden apreciarse en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Analogías empleadas en la primera actividad para mostrar las consecuencias de los diferentes tipos de contaminación.

<b>Dominio destino</b>	<b>Dominio base</b>	<b>Acción en el juego</b>
Ecosistemas	Sillas	Proporcionar refugio
Animales	Alumnado	Desplazarse y buscar refugio al terminar la música
Contaminación	Tarjetas con dibujos	Marcar ecosistemas contaminados e indicar objeto a recoger
Efectos de la contaminación del agua	Cuerda para atarse a la altura de los tobillos	Dificultad de desplazamiento
Efectos de la contaminación del suelo	Zanco para un pie	Cojera ostensible
Efectos de la contaminación atmosférica	Correpasillos con mango recortado	Necesidad de desplazarse agachado
Efectos de la contaminación acústica	Casco insonorizador	Pérdida auditiva
Efectos de la contaminación lumínica	Gafas de nadar con cristales azules	Visión reducida

De esta manera, esta breve presentación permitía, además de aclarar las normas del juego de la silla contaminada, (1) introducir a los alumnos el blanco (los handicaps que suponen para la fauna de los ecosistemas algunos tipos de contaminación), (2) recuperar señales del análogo (elementos y normas del juego de la silla), así como (3) identificar los elementos del análogo y (4) compararlos con los elementos del destino (qué elementos del blanco son representados por cada uno de los elementos del tradicional juego de las sillas), que son las cuatro primeras operaciones del modelo clásico de enseñanza a través de analogías propuesto por Glynn (1991). Tal y como se ha indicado anteriormente, el contexto en el que se llevó a cabo esta actividad no permitió abordar otras operaciones del modelo propuesto como por ejemplo (5) valorar la comprensión del blanco de la analogía diseñada o (6) analizar las limitaciones de la misma.

### **Contaminantes incoloros y punto de no retorno**

En el nivel de Educación Primaria, como consecuencia del razonamiento guiado por la percepción, resulta difícil entender que el agua incolora y transparente puede contener, o no, cualquier tipo de sustancia contaminante (Driver *et al.*, 1989). Al no percibirse ninguna sustancia disuelta en ella se tiende a pensar que solo es agua.

El punto de no retorno (*tipping point* en inglés) es un concepto utilizado en Ciencias de la Tierra que indica que algunas sustancias, a partir de cierta concentración, resultan peligrosas como contaminantes y la eliminación del medio en el que se encuentran (agua, aire o suelo) resulta muy complicada. Es un concepto también empleado para identificar las características vulnerables del sistema climático (Lenton *et al.*, 2019). Parece que ese punto de no retorno con la contaminación por lindano en el Gállego ya se ha sobrepasado, al menos a escala humana (González y Cuchí, 2016).

## Materiales y desarrollo

### Materiales

Para la actividad del juego se emplearon los siguientes materiales: sillas (tantas como participantes), reproductor de música, equipo de sonido, fichas de contaminación del suelo, del agua, del aire, lumínica y acústica y los elementos utilizados en las analogías con los efectos de los distintos tipos de contaminación: zancos, cuerdas, gafas de bucear, cascos y correpasillos infantil con el mango recortado (ver Figura 2). El casco se hizo manualmente y para los zancos se aprovecharon latas de leche en polvo con unas gomas que se encajaban en los pies.



**Figura 2.** Materiales empleados para simular las consecuencias de los diferentes tipos de contaminación. Elaboración propia.

Para la experiencia ilustrativa se necesitaron: guantes, mascarilla, bata, bureta, soporte para buretas con pinza o similar, matraz de Erlenmeyer de 250 ml, agua, sosa (diluida en agua), vinagre, fenolftaleína y embudo.

### Desarrollo

La primera actividad, cuya duración aproximada fue de 25 minutos, es una adaptación del conocido juego de las sillas. Se empleó el lindano como contenido actual y motivador a partir del cual abordar también otros tipos de contaminación que contribuyen al deterioro ambiental.

La segunda actividad, con una duración aproximada de diez minutos, consistió en la realización de una experiencia ilustrativa con la que mostrar el concepto de punto de no retorno y la existencia de contaminantes incoloros.



### *Primera actividad*

Comienza con una puesta en situación en la que se explican los elementos de la analogía presentes en el juego y las reglas de juego: las sillas son análogos de diferentes ecosistemas y las sillas con tarjeta se deben evitar porque representan ecosistemas contaminados. Además, el alumnado adopta el papel de los animales de los ecosistemas y al cesar la música los animales necesitarán buscar refugio en un ecosistema.

Nadie es eliminado, hay sillas para todos. No obstante, aparecen ecosistemas contaminados (sillas con alguna de las tarjetas que hacen alusión a alguno de los 5 tipos de contaminación considerados). Los participantes que se cobijan en uno de estos ecosistemas contaminados sufren las consecuencias de la contaminación, como sucede en nuestros ecosistemas y ciudades contaminados. En ese momento, se explica cómo se produce esa contaminación y sus consecuencias. Las consecuencias son representadas por varios objetos que dificultan la participación en el juego cuando la música comienza nuevamente.

Cuando algún animal (alumno) recae, a lo largo de las diferentes rondas, en varias sillas contaminadas se acumulan los efectos. Proceso análogo a la propiedad acumulativa de la contaminación.

La limitación de tiempo determinaba que frecuentemente la actividad terminara a las cuatro rondas. Siguiendo con el hilo conductor del juego, se explicaba que el final del juego se debía a los numerosos efectos que había provocado la contaminación en algunos seres vivos (participantes), quienes trataban de desplazarse con varios objetos.

### *Segunda actividad*

Con la bureta colocada en el soporte, se vierte en ella un contaminante, en este caso sosa. Diluida previamente para que no sea peligroso manipularla. Se aprovecha para explicar que, a pesar de ser incolora y a simple vista no diferenciarse del agua, puede ser muy perjudicial y se recuerda que el lindano también es incoloro.

En el *erlenmeyer*, situado debajo de la bureta, se vierten unos 150 ml de agua con unas gotas de fenolftaleína y vinagre. La fenolftaleína es un indicador que al encontrarse en un medio básico vira a rosa fuerte, mientras que en el medio ácido se mantiene incoloro. Se indica que la bureta representa el foco de contaminación y el erlenmeyer simula una masa de agua natural.

Al abrir la llave de la bureta caen las primeras gotas. Se mueve el matraz de Erlenmeyer para facilitar la mezcla, como sucede en numerosos tramos fluviales. El contaminante llega a las aguas del río. Al principio parece que no sucede nada, pero es conveniente preguntar en ese momento si el contaminante está ya en el agua.

Continúa el goteo hasta que una sola gota hace virar la disolución a rosa intenso. Punto crítico e irreversible, alcanzado con una sola gota.

Las exclamaciones que se escuchan en ese instante evidencian que nadie se queda indiferente. Se aprovecha la curiosidad despertada para preguntar qué ha pasado y discutir sobre la posible presencia de contaminantes incoloros y del punto de no retorno al que puede llegarse con una exigua cantidad del contaminante.

## Consideraciones finales

La naturaleza de la actividad, número de alumnos y tiempo disponible, impidió recabar información individualizada de los alumnos participantes. Sin embargo, el profesorado contestó por escrito a una serie de preguntas al finalizar la secuencia. Se recabó información sobre la “consecución del objetivo de aprender y divertir”. La media de las respuestas recibidas fue de 4,78 sobre 5.

La tasa de respuesta fue del 40,9%. Estos registros evidencian una gran aprobación de la actividad por parte de los docentes, aunque la generalidad de los cuestionarios diseñados no permite evaluar de forma precisa el efecto de la secuencia en la comprensión del blanco por parte del alumnado participante o la adquisición de otros objetivos de aprendizaje inscritos en la secuencia.

Durante la puesta en marcha de la secuencia de actividades se encontraron dos dificultades reseñables:

Ante la inconstancia de algunos participantes para continuar con la norma recibida después de recaer en una silla contaminada, se decidió incorporar los objetos para condicionar el desplazamiento, ausentes en los primeros grupos que participaron. El resultado mejoró porque el objeto materializaba quién tenía algún problema derivado de la contaminación y, por tanto, debía mostrar alguna dificultad en el desplazamiento.

En la primera ocasión que se llevó a cabo la segunda actividad, el viraje a rosa intenso se produjo rápidamente, casi sin dar tiempo para dialogar y tomar conciencia de qué sucedía. Para solucionarlo resultó efectivo agregar vinagre a la disolución de agua y fenolftaleína.

La secuencia de actividades de EA descrita en este trabajo pretende mejorar la comprensión de un fenómeno científica y socialmente complejo, como es la contaminación de masas de agua naturales con lindano, que en su día tuvo una gran repercusión mediática y por lo tanto formó parte de la cotidianidad de muchos niños y niñas de la provincia de Huesca.

El contexto en el que se llevan a cabo muchas actividades de EA hace difícil su abordaje desde los modelos de enseñanza recomendados desde la didáctica de las ciencias. Para alcanzar los objetivos de aprendizaje de la EA se pueden emplear otros referentes teóricos para el diseño como la enseñanza a través del juego o el uso de analogías.

El juego es un recurso didáctico extraordinario, por la prevalencia de las componentes lúdica y afectiva y la predisposición favorable que genera en el alumnado. Mediante el juego se pueden tratar contenidos del currículum que, como en este caso, presentan una importante relevancia social.

Por otro lado, las analogías constituyen un elemento nuclear, tanto en la creación del conocimiento científico y en su comunicación, como en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia. Se ha hecho uso de este recurso, en la primera actividad, para ilustrar los efectos que diferentes contaminantes tienen en la fauna de los ecosistemas. También se ha empleado una experiencia demostrativa para ilustrar sobre la existencia de contaminantes incoloros y sobre el concepto de punto de no retorno añadiendo gotas de una solución diluida de sosa cáustica (análogo de contaminante incoloro) en una disolución de agua, fenolftaleína y vinagre (análogo de una masa de agua natural).



## Agradecimientos

Al Grupo BEAGLE de investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales (Gobierno de Aragón). A Esther Bueno y Pedro Llorente del CENEAM por darnos a conocer el juego que adaptamos y ampliamos. A Carmen García Serrano por sus aportaciones didácticas y a Carlos Fontecha y David García Ruiz por aplicar también esta propuesta. A Carlos Marcuello por su ayuda en la experiencia ilustrativa y a María Fuertes Vicente por la realización de las tarjetas para *contaminar* las sillas. Por último, agradecer a los dos revisores anónimos que con sus comentarios y preguntas contribuyeron a mejorar el manuscrito.

## Referencias

- Adúriz-Bravo, A., Garófalo, J., Greco, M., & Galagovsky, L. (2005). Modelo didáctico analógico: Marco teórico y ejemplos. *Enseñanza de las Ciencias*, número extraordinario, 1-6.
- Adúriz-Bravo, A., & González Galli, L. G. (2021). Las analogías como modelos en la enseñanza de las ciencias. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, Edición extraordinaria, 1-7. Memorias V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias, Ciudad de Barranquilla, Colombia.
- Bautista-Cerro, M. J., Murga-Menoyo, M. A., & Novo, M. (2019). La Educación Ambiental (página en construcción, disculpen las molestias). *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad* 1(1), 1103. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_educ\\_ambient\\_sostenibilidad.2019.v1.i1.1103](https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2019.v1.i1.1103)
- Bueno González, E. (2000). Los juegos en la educación ambiental. *Carpeta Informativa del CENEAM*, art. opi., 1-5. Centro Nacional de Educación Ambiental.
- Campbell, N. R. (1920). *Physics: The Elements*. Cambridge University Press.
- CPNA (2015). *El lindano en la cuenca del río Gállego: propuestas de futuro*. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.
- Driver, R, Guesne, E., & Tiberghien, A. (1989). Algunas características de las ideas de los niños y sus implicaciones en la enseñanza. En R. Driver, E. Guesne, & A. Tiberghien (coords.), P. Manzano Bernárdez (trad.), *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*, (pp. 291-304). Morata-MEC.
- Else, M., Clement, J., & Ramírez, M. (2003). Should different types of analogies be treated differently in instruction? Observations from middle-school life science curriculum. *Proceedings of the National Association for Research in Science Teaching* (NARST), Philadelphia, EEUU.
- Gadea, I. (2015). *El papel de la prensa en la educación científica y tecnológica*. Tesis Doctoral. Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals de la Universitat de València.
- García-Díaz, E.; Fernández-Arroyo, J., Rodríguez-Marín, F., & Puig-Gutiérrez, M. (2019). Más allá de la sostenibilidad: por una educación ambiental que incremente la resiliencia de la población ante el decrecimiento. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad* 1(1), 1101. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_educ\\_ambient\\_sostenibilidad.2019.v1.i1.1101](https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2019.v1.i1.1101)
- García-Ferrandis, X., García-Ferrandis, I., & García-Gómez, J. (2010). Los efectos de la contaminación acústica en la salud: conceptualizaciones del alumnado de

- Enseñanza Secundaria Obligatoria de Valencia. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 24, 123-137.
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: a teaching with analogies model. En S. M. Glynn, R. H. Yeany, & B. K. Britton, (eds.), *The psychology of learning science* (pp. 219–240). Hillsdale. <https://doi.org/10.4324/9780203052396-17>
- González, C., & Cuchí, J. A. (2016). El lindano en el río Gállego: simulación hidrodinámica de su evolución a lo largo del cauce. *Lucas Mallada*, 18, 227-245.
- Gruber, M. J., Gelman, B. D., & Ranganath, C. (2014). States of curiosity modulate hippocampus-dependent learning via the dopaminergic circuit. *Neuron*, 84(2), 486-496. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.08.060>
- Lenton, T. M., Rockström, J., Gaffney, O., Rahmstorf, S., Richardson, K., Steffen, W., & Schellnhuber, H. (2019). Climate tipping points – too risky to bet against. *Nature* 575(7784), 592–595, <https://www.nature.com/articles/d41586-019-03595-0>
- Loomis, D., Guyton, K., Grosse, Y., El Ghissasi, F., Bouvard, V., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Mattock, H., & Straif, K. (2015). Carcinogenicity of lindane, DDT, and 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid. *The Lancet. Oncology*, 16(8), 891-892. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)00081-9](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(15)00081-9)
- Marrero Galván, J. J., & González Pérez, P. (2023). Investigaciones sobre el uso de analogías en el aula de ciencias: una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 20(1), 1101. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2023.v20.i1.1101](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1101)
- Mora, F. (2013). *Neuroeducación: solo se puede aprender aquello que se ama*. Alianza Editorial.
- Nersessian, N. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. En R. Giere (Ed.), *Cognitive Models of Science*, (pp. 3-44). University of Minnesota Press.
- Oliva, J. M. (2008). Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de ciencias sobre el uso de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(1), 15-28.
- Orden de 16 de junio de 2014, de la Consejera de Educación, Universidad, Cultura y Deporte, por la que se aprueba el currículo de la Educación Primaria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón. (BOA nº 119, 20 de junio de 2014).
- Pérez-Mora, A., & Barrio, F. G. (2020). Impacto de la educación ambiental sobre docentes y alumnos. Doble intervención educativa. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 2(2), 302-2302. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_educ\\_ambient\\_sostenibilidad.2020.v2.i2.2302](https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2020.v2.i2.2302)
- Reglamento (CE) nº 850 del Parlamento Europeo y del Consejo (2004). Sobre contaminantes orgánicos persistentes y por el que se modifica la Directiva 79/117/CEE. 29 de abril de 2004. *Diario Oficial de la UE L 229/5*.
- Santolaria, Z., Arruebo, T., Pardo, A., Matesanz, J. M., Bartolomé, A., Caixach, J., Lanaja, F. J., & Urieta, J. S. (2015). Evaluation of Airborne Organic Pollutants in a Pyrenean

- Glacial Lake (The Sabocos Tarn). *Water Air Soil Pollut*, 226(11), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2648-3>
- Schuster, F. (2005). Metáfora y analogía en el descubrimiento científico. En G. Klimovsky, G. (Compilador), *Los enigmas del descubrimiento científico*, (pp. 53 - 80). Alianza Editorial.
- Steffan, J. J., Brevik, E. C., Burgess, L. C., & Cerdà, A. (2018). The effect of soil on human health: an overview. *European journal of soil science*, 69(1), 159-171. <https://doi.org/10.1111/ejss.12451>
- Tena, E., Couso, D., Solé, C., & Grimalt-Álvaro, C. (2019). *Investigant sobre la contaminació a l'aula de primària*. Material Docent, projecte ParticipAIRE. Bellaterra.

## Anexo I

**Tabla.** Relación de noticias de la Figura 1 con su fecha de publicación, fuente y enlace.

Titular	Fecha publicación	Fuente	Enlace
El lindano se cronifica en el Gállego: siguen los positivos tres años después del vertido de Bailín	12/08/2018	ElDiario.es	<a href="https://n9.cl/esd27">https://n9.cl/esd27</a>
Nuevas prohibiciones de beber agua del Gállego por lindano	14/03/2018	Radio Huesca, Cadena SER	<a href="https://n9.cl/9xowo">https://n9.cl/9xowo</a>
Los grupos municipales de Sabiñánigo analizan el tema del lindano	14/03/2018	Radio Huesca, Cadena SER	<a href="https://n9.cl/b2rfh">https://n9.cl/b2rfh</a>
Lindano en el agua de Aragón: el Chernóbil español	27/01/2016	El Confidencial	<a href="https://n9.cl/uqtlj">https://n9.cl/uqtlj</a>
La lenta lucha contra el lindano en Bailín	08/11/2015	El Periódico de Aragón	<a href="https://n9.cl/vtkawt">https://n9.cl/vtkawt</a>
El lindano en el Gállego todavía multiplica por 6 el tope máximo para el agua de boca	22/11/2014	Heraldo de Aragón	<a href="https://n9.cl/hptqa">https://n9.cl/hptqa</a>
El lindano, la sustancia tóxica que amenaza a la localidad de Sabiñánigo	21/11/2014	La Sexta	<a href="https://n9.cl/1wcmr">https://n9.cl/1wcmr</a>
Bajo la amenaza del lindano	18/11/2014	El País	<a href="https://n9.cl/kkzm6">https://n9.cl/kkzm6</a>
"Decidir no suministrar agua de boca desde La Sotonera demuestra que el lindano es un problema de salud pública"	31/10/2014	AraInfo: Diario Libre d'Aragón	<a href="https://n9.cl/c90h5">https://n9.cl/c90h5</a>
La prohibición de beber agua del Gállego por el lindano se extiende a Piedratajada	09/25/14	Heraldo de Aragón	<a href="https://n9.cl/r4g37">https://n9.cl/r4g37</a>