

A close-up photograph of a person with long brown hair and red-rimmed glasses looking down at a collection of insects. The insects are pinned to a blue card with handwritten labels in white ink. The labels include names like 'EPHYME', 'OLIVIA', and 'STANIS' along with dates and other notes. The person's face is partially visible in the upper right corner, and their hand is holding the card. The background is dark and out of focus.

3.1

Ciencia en todo
y para todos

SUSANNA TESCONI
BÁRBARA DE AYMERICH

La enseñanza STEAM se presenta como una herramienta altamente versátil en la consecución de diversos objetivos que van desde la incenti-
vación de las vocaciones en ciencia y tecnología, hasta el incremento del
capital científico o la adquisición de las competencias y destrezas básicas
para afrontar los retos de un futuro, resumidas en las 4C que aparecen
en la Agenda Mundial 2030: creatividad, comunicación, pensamiento
crítico y colaboración.

La creatividad, reflejada en la “A” del acrónimo STEAM, vincula la ciencia
con el arte como expresión de la Naturaleza, ingenio humano que se
presenta creador desde sus inicios. Además, esta forma de entender la
educación científico-tecnológica da la posibilidad de conocer, interpretar
y representar la realidad que nos rodea desde diferentes perspectivas y
miradas múltiples, y prepara al alumnado para tomar conciencia de los
aprendizajes adquiridos.

La educación STEAM, basada en el diálogo, reflexividad y en el pensamiento
crítico, permite practicar en el aula procesos de democratización del
conocimiento científico-tecnológico. También amplía las posibilidades
de acercamiento de la sociedad a un mundo cada vez más tecnológico,
más virtual. La educación STEAM permite desarrollar todo su potencial
para la liberación de cualquier dependencia, la inclusión y la equidad que
también la determinan.

En este sentido la ciencia, el arte y la tecnología proporcionan métodos,
contenidos, valores y prácticas para el diseño de entornos de aprendizaje
que permitan al alumnado pensar, generar y representar procesos de
cambio, de creación colectiva y de innovación basados en el pensamiento
crítico. De hecho, hay muchos autores que identifican pensamiento
crítico y científico, ya que el escepticismo es uno de los principales
valores de la ciencia moderna, que pretende que cualquier conclusión

esté fundamentada en pruebas y que el conocimiento científico debe
someterse a un examen crítico en busca de errores y contradicciones.

La selección de información correcta, no sesgada, en un entorno en el
que, cada segundo, aparecen noticias y “verdades” infundadas por parte
de gurús pseudocientíficos, son claves en la didáctica de las ciencias en
la época de la posverdad. Este aspecto toma particular relevancia en
relación con una de las competencias base para nuestro presente-futuro
científico: la comunicación, entendiendo la ciencia como derecho
universal que debe llegar a todos, ser parte de todos. Es en este ámbito
donde la divulgación científica cobra trascendencia y donde la enseñanza-
aprendizaje de la ciencia se torna voz y experiencia compartida.

Sin embargo, la dimensión social de la ciencia queda adolecida y mermada
sin su esencia colaborativa. El trabajo en equipo en un entorno STEAM,
concebido desde un enfoque interdisciplinar, constituye una oportunidad
única para el desarrollo de enfoques múltiples y una conciencia global
de la ciencia, un caldo de cultivo para el desarrollo de la creatividad en la
identificación y resolución de problemas complejos. Una herramienta
fundamental para la construcción social de nuestro futuro.

Por último, no debemos olvidar que la ciencia es mucho más que gente
en bata blanca metida en laboratorios descubriendo conceptos abstractos
de confusa utilidad. La ciencia es medicina, es conocimiento de nuevas
especies, es lucha contra el cambio climático, es avance en comunicaciones,
es mejoras en fuentes de energía, es empatía y esperanza de futuro. Todo
eso y muchísimas cosas más hacen del acceso a la ciencia un derecho
primordial del ser humano.

La ciencia es, sin duda, un bien común que nos protege, nos empuja y
nos humaniza.



SABÍAS QUE...

La ciencia ha estado vinculada a otras disciplinas desde sus inicios, confiriéndole su carácter global y unificador.

IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

- La división letras vs. ciencias frustra el desarrollo de la “ciencia experimental”. En muchos casos los desarrollos científicos que pueden darse en un campo pueden venir de la mano de ideas del pasado que quedaron ancladas y que se retoman más tarde, proviniendo, muchas de ellas, de disciplinas vinculadas con la “A” de STEAM.
- Ha habido muchos científicos que han sido músicos, como William Herschel, que en 1781 observó por primera vez a Urano, o que, como Roald Hofmann, premio Nobel de Química, han escrito literatura. Otro caso muy conocido es el de Harold Kroto, Nobel de Química por identificar la forma halotrópica del C60 (fullereno). Cristalográficamente solo veía hexágonos y pentágonos, pero imaginó su “forma” porque era un enamorado de la arquitectura de Buckminster Fuller, que inspirado en un balón de fútbol, había diseñado cúpulas estables de pentágonos y hexágonos. Esto fue su “prueba” de que el C60 (fullereno en honor al arquitecto) era estable.
- Otro hecho reseñable y curioso es lo que YouTube, Airbnb o Alibaba tienen en común. Todos sus “creadores”-presidentes tienen formación ligada a las Humanidades: Susan Wojcicki (YouTube) es licenciada en Historia y Literatura, Brian Chesky (Airbnb) es licenciado en Bellas Artes y Jack Ma (Alibaba) en Filología inglesa.
- Los espacios comunes entre *ciencia* y *literatura* facilitan la generación de conocimiento a partir de un mestizaje de contenido y metodológico. Un ejemplo claro es el proyecto “Lenguaje médico centrado en el paciente” de la Fundación Lilly, que insiste en que la humanización del sistema sanitario no consiste únicamente en decorar las salas sino que requiere de cambios profundos, conceptuales y culturales, que pasan sobre todo por escuchar y entender al paciente, comprenderle y en último término consolarle. En medicina, en ciencia, las palabras son una herramienta esencial. Ese inmenso poder de la palabra, lo que dice el médico, lo que transmite el docente, es en ocasiones más curativo, más educativo, que el propio tratamiento o conocimiento.
- La conexión entre estos ámbitos disciplinarios representa una oportunidad para la integración de las *ciencias* en la *cultura* global, y para la difusión de las principales aportaciones de la ciencia y sus relaciones con la vida cotidiana.⁹
- La literatura y el *cine* de ciencia ficción, gracias a su potencial motivador, se convierten en un excelente recurso didáctico para la enseñanza de las ciencias. Analizar un determinado filme desde la perspectiva de las *ciencias naturales* nos permite acercarnos a una enseñanza de la ciencia para la ciudadanía, contribuyendo al desarrollo de un alumnado crítico capaz de diferenciar ciencia, ciencia posible y ciencia imposible.¹⁰

03



SABÍAS QUE...

La ciencia ha estado vinculada a otras disciplinas desde sus inicios, confiriéndole su carácter global y unificador.

La ciencia es cultura. La ciencia es sociedad.

IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

- La *historia* de la ciencia nos permite evidenciar las continuas sinergias existentes entre el *conocimiento científico* y la *creación artística*.¹¹
 - El desarrollo tecnocientífico tiene lugar en un contexto histórico definido por un marco *filosófico* y *político*. Por esa razón la enseñanza de la ciencia se puede beneficiar por la adopción de una mirada *tecnopolítica* y *filosófica* que permita al alumnado entender los vínculos existentes entre *ciencia*, *valores* y *política*.¹³
 - La educación física, entendida como parte integrante de las ciencias del movimiento, es otro ámbito que conecta de forma significativa con la enseñanza de la ciencia y representa otra estrategia motivadora para el aprendizaje interdisciplinario.¹³
 - La persona no se puede dividir en bloques. En otros países los currículos están más mezclados.
-
- No debemos olvidar que la ciencia es cultura. Su conocimiento nos convierte en personas más capaces, responsables y libres. La cultura científica amplía nuestras miras, extiende nuestros horizontes que van desde la cotidianidad de un amanecer o lo complejo de un agujero negro¹⁴. Es importante que la educación en ciencias capacite al alumnado para participar en un mundo en el que la ciencia y la tecnología tienen un papel fundamental.¹⁵
 - La ciencia ciudadana reduce la distancia con el conocimiento científico bien porque facilita la participación de la ciudadanía en procesos reales de investigación científica o bien porque le demanda soluciones a problemas que no se habían planteado antes; un claro ejemplo es el relato de Brian Wynne acerca de cómo los expertos tuvieron que desarrollar nuevos estudios sobre el impacto de la radiación, tras el accidente de Chernóbil, que llegó a la leche producida por las ovejas que pastaban en los pastos de Cumbria, en el Reino Unido.¹⁶
En contextos educativos permite entender la generación del conocimiento científico, así como hacer consciente al alumnado de los retos tecnocientíficos y sociales contemporáneos.¹⁷
 - En la actualidad cualquier persona interesada puede participar en proyectos de ciencia ciudadana utilizando sus plataformas digitales (<https://ciencia-ciudadana.es/listado-de-proyectos/>, <https://www.citizenscience.org/>). En una auténtica democracia, es necesario que la ciudadanía sepa analizar la información de forma crítica, y debe ser capaz de intervenir activamente en las decisiones que la afectan¹⁸. Por tanto, la participación de la ciudadanía en las decisiones sociales tecnocientíficas es la principal finalidad para la educación científica.¹⁹



SABÍAS QUE...

La vinculación del alumnado en proyectos científico-tecnológicos mejora sus competencias asociadas al desarrollo de los 17 objetivos de la ONU para transformar nuestro mundo. La ciencia es cultura. La ciencia es sociedad.²⁰

IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

- La educación científico-tecnológica desempeña y desempeñará un papel imprescindible en la consecución de los objetivos propuestos por la ONU para el desarrollo sostenible.²¹
- Así, el capital científico adquirido por el alumnado desde edades tempranas puede y debe contribuir a los objetivos Desarrollo sostenible y la relación áreas STEAM:
 - Acabar con la pobreza, ideando estrategias de producción de nuevos alimentos y gestionando los recursos existentes en condiciones óptimas, asegurando el crecimiento económico y el trabajo digno (Objetivos 1, 2, 8 y 12, Ciencia-Tecnología-Matemáticas, en adelante en siglas en inglés STM).
 - Mejorar la salud y el bienestar de la humanidad, implementando nuevas técnicas biomédicas, diseñando medicamentos inteligentes (Objetivo 3, STE).
 - Garantizar una educación de calidad en la que todos tengan acceso a la ciencia y la tecnología como derecho universal, sin diferencias entre grupos sociales, sin brecha de género, con inclusión y universalidad (Objetivos 4, 5, 10, STEAM).
 - Velar por la recuperación y sostenibilidad de nuestro planeta, sus recursos naturales, su biodiversidad, evitar el cambio climático (Objetivos 6, 13, 14, 15, STEAM).
 - Diseñar e innovar en industria, infraestructuras, ciudades biocompatibles, energías limpias (Objetivos 9, 7, 11, TEAM).
 - Trabajar en equipos interdisciplinares, donde cada uno aporta lo mejor de sí, compartiendo resultados, afianzando lazos y redes de ciencia (Objetivos 16 y 17, STEAM).

La ciencia no es ciencia si no se comparte.

- La divulgación de las ciencias, aparte de ser una estrategia para la difusión del conocimiento científico al público no especializado, se manifiesta como una estrategia adecuada para potenciar los aspectos comunicativos en la educación científica formal.²²
- La divulgación científica reviste gran importancia en la formación de una ciudadanía informada y participativa.²³
- La Comisión Europea, en esta línea, impulsa redes colaborativas para ofrecer al profesorado la posibilidad de trabajar las controversias sociocientíficas y la Investigación e Innovación Responsables, junto con los recursos didácticos y la formación²⁴. Entre ellas, <http://www.aciertas.org/> y <http://www.scientix.eu/>.



¿Cómo voy a enseñar ciencias si yo soy de letras?

- Las percepciones, actitudes y creencias que tiene el profesor acerca de sí mismo y su vivencia de la materia afectan de forma positiva o negativa a las concepciones que los alumnos van elaborando sobre sus posibilidades de aprendizaje, llegando a influir en su comportamiento y rendimiento²⁵. En este sentido las actitudes negativas del profesorado hacia la enseñanza de la ciencia afectan de forma significativa la calidad de la oferta educativa.
- La ciencia es cultura y pertenece a toda la humanidad, no solo al colectivo científico. En muchas ocasiones la ciudadanía, sin una formación inicial en ciencias, ha liderado respuestas de problemas que la afectaban. Veamos como ejemplo el caso del matrimonio Odone (*Lorenzo's oil*) que, viendo cómo su hijo sufría la terrible enfermedad degenerativa de la adenoleucodistrofia (ALD), se convirtieron en grandes conocedores del problema, llegando a encontrar soluciones paliativas para su hijo y congregando a multitud de expertos para que unieran sus fuerzas en la lucha contra el ALD.
- El profesorado debe plantear estos problemas sociocientíficos y ambientales que nos involucran a todos (seamos de ciencias o de letras).²⁶

Una consistente cantidad de recursos compartidos para la enseñanza de la ciencia se encuentran disponibles en la red, proporcionando al profesorado la oportunidad de autoformarse y compartir prácticas experimentales de enseñanza. Ejemplo de ello son las plataformas Aciertas o Scenio, y las vertientes educativas del CSIC, ESA o FECYT.

<http://www.aciertas.org/Home/Recursos>

<http://www.scenio.es> <http://www.kids.csic.es/>

<http://esero.es/>

<https://www.fecyt.es/es/ciencia-para-todos>



La educación científica aleja al alumnado del desarrollo de su creatividad.

- Una de las características más importantes que comparten arte y ciencia es el esfuerzo común en la creación de los poderosos métodos a través de los cuales completamos el mundo. Esta idea se basa en una concepción de la creatividad que va más allá del modelo místico-mágico-intuitivo-imaginativo, y se vincula al pensamiento racional y científico.²⁷
- Como sugiere el propio Albert Einstein, "la formulación de un problema es frecuentemente más esencial que su solución, que puede ser tan solo un asunto de destreza matemática o experimental. Plantearse nuevas cuestiones, nuevas posibilidades, ver viejos problemas desde un nuevo ángulo, requiere una *imaginación creadora* y marca un avance real en la ciencia".²⁸



EDU—MITOS

LO QUE LA INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA HA DEMOSTRADO



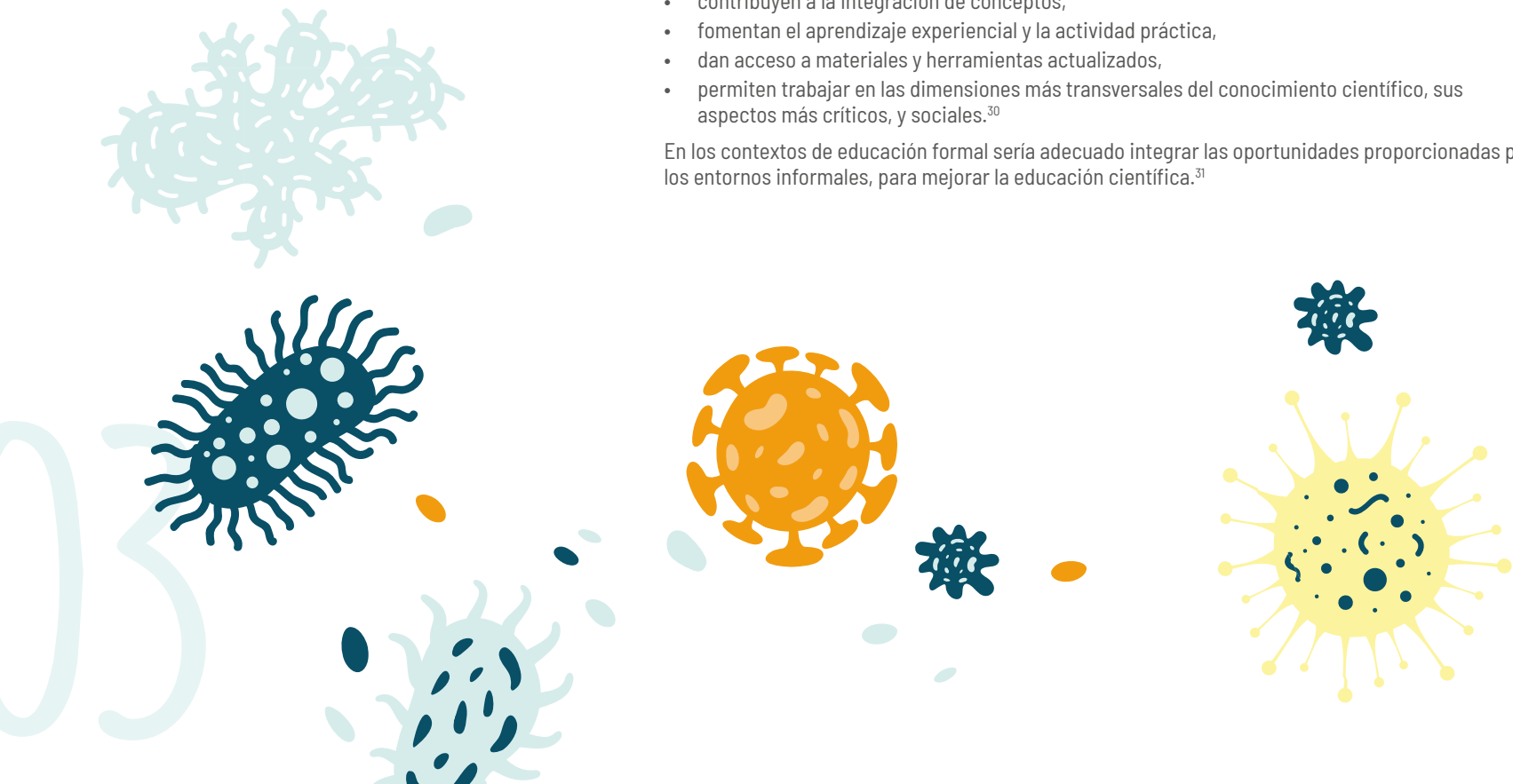
La ciencia solo en clase de ciencias

- Hay claras evidencias sobre los beneficios que ofrecen para la alfabetización científica las experiencias informales extraescolares de educación tecnocientífica (salidas de campo, actividades en familia, museos, ferias etc.).²⁹

Por ejemplo, sabemos que:

- afectan positivamente el aprendizaje científico,
- contribuyen a la integración de conceptos,
- fomentan el aprendizaje experiencial y la actividad práctica,
- dan acceso a materiales y herramientas actualizados,
- permiten trabajar en las dimensiones más transversales del conocimiento científico, sus aspectos más críticos, y sociales.³⁰

En los contextos de educación formal sería adecuado integrar las oportunidades proporcionadas por los entornos informales, para mejorar la educación científica.³¹





Las materias STEAM van de la mano por todo el recorrido de una educación científico-tecnológica significativa y real.

A continuación, describiremos varios proyectos llevados a cabo con niños desde los 4 hasta los 13 años, dentro de una comunidad de aprendizaje científico en el medio rural.

EJEMPLO PRÁCTICO PARA SECUNDARIA

La escritura como mecanismo de comunicación: de la incisión cuneiforme hasta el bolígrafo digital

1. La historia de la civilización está inexorablemente unida al desarrollo de la escritura como medio de comunicación.
2. Un recorrido STEAM por la vida de esta herramienta de la evolución, haciendo hincapié en las técnicas instrumentales, los materiales utilizados y el camino hacia el uso de las nuevas tecnologías, es un ejemplo claro de proyecto interdisciplinar e integrado en la vida del alumnado.
3. Las posibilidades son múltiples: desde la realización y diseño de vuestros propios jeroglíficos en un símil de papiro egipcio, hasta el pirograbado con un soldador de unas runas vikingas en madera, reproducir escritura cuneiforme en arcilla con un punzón de madera, dibujar ideogramas chinos en seda y en papel de patata de fácil fabricación, escribir vuestro propio libro digital gratuito sobre experimentos (Editorial Weeblebooks, <https://weeblebooks.com/es/home>) o contactar con empresas que están implementando la digitalización de la escritura en la escuela (Habitual Data, <http://www.habitualdata.com/>, Editorial La Calesa, <https://www.lacalesa.es/>).

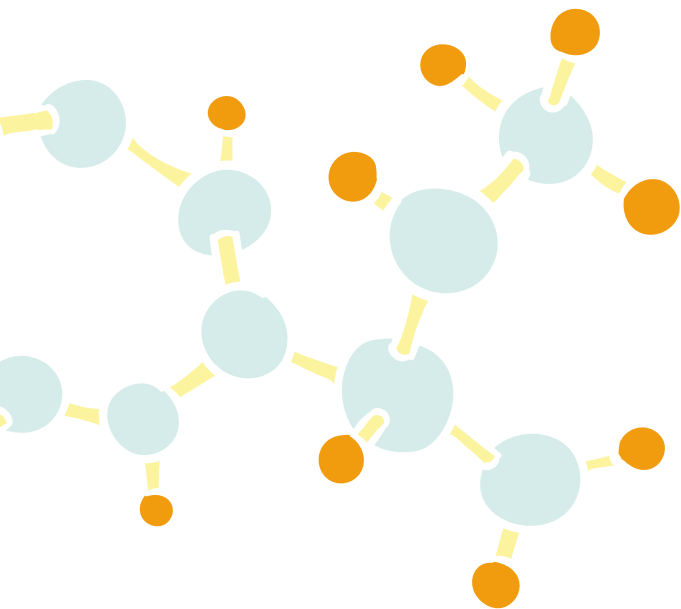


EJEMPLO PRÁCTICO PARA PRIMARIA

Global Science Opera

Cada año Scientix, la red de educación científica en Europa (www.scientix.eu), lanza su propuesta STEAM de realización de una ópera científica con una temática concreta. Este año se denominará *Gravity* (<https://globalscienceopera.com>). Varios centros educativos de diferentes países del mundo realizan sus escenas de dos minutos y medio (libreto, música, decorado, vestuario...), coordinados de dos en dos. Después se maqueta conjuntamente desde la sede central y se estrena, a nivel mundial, vía Internet.

Alrededor de la ópera, los grupos realizan actividades metacognitivas sobre el tema propuesto para dar más empaque al resultado final. Estas experiencias agrupan desde salidas a entidades o museos científicos, videochats entre los participantes, hasta propuestas de indagación o de *design thinking*.





EJEMPLO PRÁCTICO PARA INFANTIL

La observación, experimentación y búsqueda de respuestas (POE system)³² acerca de fenómenos naturales cercanos es una de las metodologías con más peso en la didáctica de las ciencias experimentales con niños. Ejemplos reales serían:

1. Célula robótica

Para introducir al alumnado en el concepto de célula como unidad fundamental de los seres vivos, se les hicieron partícipes de varias actividades STEAM, tales como el diseño de células con materiales cotidianos (bloques de construcción, lana, platos, hueveras...), la realización de un mapa mental adaptado con pictogramas sobre la citología, la visualización de células de epidermis de la cebolla, levaduras y epitelio bucal mediante distintos tipos de microscopios y la utilización de robots tipo Beebot con plantillas y disfraces sobre células para iniciarles en la programación. También observamos modelos celulares en realidad aumentada y realidad virtual.

2. El moho: un vecino poco conocido

Tras la recolección y clasificación de nuestros “tesoros del otoño” (frutos y hojas), nos dimos cuenta de que, con el tiempo, empezaban a cubrirse de un polvo blanco que nadie había puesto ahí. Siguiendo el aprendizaje basado en la Indagación (IBL), nos dispusimos a investigar y determinar de qué se trataba. Utilizamos microscopios y medios de cultivo caseros (maicena, gelatina) para observar y concluir que era un ser vivo muy particular. Escribimos un cuento con pictogramas a modo de artículo científico.

3. Cristalografía de andar por casa

Como resultado de las preguntas que surgieron de la visita a varios museos de ciencias naturales y a las cuevas de Ojo Guareña, y utilizando IBL, propusimos un diseño experimental para conocer cuáles eran las mejores condiciones para la formación de cristales con sales de uso cotidiano (solute, disolvente, temperatura disolvente, concentración soluto). Tras cinco semanas de observaciones y anotaciones, llegamos hasta los cristales óptimos que reproducimos haciendo “joyas”, adornos y jardines de sales.

REFERENCIAS

1. Wake, G. D. y Burkhardt, H. (2013). Understanding the European policy landscape and its impact on change in mathematics and science pedagogies. *ZDM*, 45(6), 851-861.
2. Turkle, S. y Papert, S. (1992). Epistemological pluralism and the revaluation of the concrete. *Journal of Mathematical Behavior*, 11(1), 3-33.
3. Delgado, A. (2010). ¿Democratizar la Ciencia? Diálogo, reflexividad y apertura. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS*, 5(15).
4. Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and "making" in education: The democratization of invention. *FabLabs: Of machines, makers and inventors*, 4, 1-21.
5. Merton, R. K. (1980). *Los imperativos institucionales de la ciencia*. Madrid, España: Alianza, pp. 64-78.
6. Organización de las Naciones Unidas (2008). *Declaración Universal de los Derechos Humanos*, United Nations.
7. ONU: Asamblea General, *Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Adoptado y abierto a la firma, ratificación y adhesión por la Asamblea General en su resolución 2200 A (XXI), de 16 de diciembre de 1966*, 16 de diciembre de 1966, Naciones Unidas, Serie de Tratados, vol. 993, p. 3, disponible en esta dirección: <https://www.refworld.org/es/docid/4c0f50bc2.html> [acceso el 22 de septiembre de 2019].
8. Schwartz, G. A. y Berti, E. (2018). Literatura y ciencia. Hacia una integración del conocimiento. *Arbor*, 194(790), 481.
9. Solbes, J. y Traver, M. (2014). Ciencia, científicos y literatura. *Mètode*, 82.
10. Silva, J. G. (2016). *Cine de ciencia ficción y enseñanza de las ciencias. Dos escuelas paralelas que deben encontrarse*.
11. Kemp, M. (2000). *La ciencia del arte*. Madrid, España: Ediciones Akal, vol. 53.
12. Sagan, C. y Udina, D. (1997). *El mundo y sus demonios*. Barcelona: Planeta.
13. Hilland, T. A. (2015). *Mixed Methods Research in the Movement Sciences: Case Studies in Sport, Physical Education and Dance*.
14. Godec, S.; King, H. y Archer, L. (2017). *The science capital teaching approach: engaging students with science, promoting social justice*.
15. Gordillo, M. M. y Osorio, C. (2003). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32(1), 8.
16. Wynne, B. (1989). Sheep farming after Chernobyl: a case study in communicating scientific information. *Environment*, marzo de 1989, 10-15 y 33-39.
17. Nistor, A.; Clemente-Gallardo, J.; Angelopoulos, T.; Chodzinska, K.; Clemente Gallardo, M.; Gozdzik, A. y Micallef Gatt, A. D. (2019). Bringing Research into the Classroom—The Citizen Science approach in schools. *Scientix Observatory*.
18. Acevedo, J. A.; Vázquez, A.; Martín, M.; Oliva, J. M.; Acevedo, P.; Paixão, M. F. y Manassero, M. A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 121-140.
19. Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3-16.
20. Giammatteo, L. y Obaya Valdivia, A. (2018). The 2030 Agenda for Sustainable Development: How to Get Students Involved? *World Journal of Educational Research*, vol. 5, nº 4, 2018, p. 358. <https://doi.org/10.22158/wjer.v5n4p358>.
21. United Nations Foundation (2013). *Sustainable Development Goals*. Recuperado el 8 de julio de 2018. <https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300>.
22. Blanco López, Á. (2004). *Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia*.
23. Estrada, J. C. O. (2011). Educación y Divulgación de la Ciencia: Tendiendo puentes hacia la alfabetización científica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8(2), 137-148.

24. Alcaraz-Domínguez, S.; Barajas Frutos, M.; Malagrida, R. y Pérez, F. (2015). Els projectes Europeus Engaging Science, Xplore Health, RRI Tools i Scientix: Finestres a la formació i la participació en comunitats docents per al treball amb Controvèrsies i Recerca i Innovació Responsables. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 30, 0047-54.
25. Bermejo, V. (1996). Enseñar a comprender las matemáticas. *Psicología de la Instrucción I*, 256-279.
26. Bayram-Jacobs, D.; Henze, I.; Evagorou, M.; Shwartz, Y.; Aschim, E. L.; Alcaraz-Domínguez, S. y Dagan, E. (2019). Science teachers' pedagogical content knowledge development during enactment of socioscientific curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*. 56 (9), 1-27.
27. Álvarez, E. (2010). Creatividad y pensamiento divergente. interAC. Barlex, D. (2008). *Creativity through design and technology*. Brunel University (Formerly) and Nuffield Design y Technology Project, UK.
28. Einstein, A. e Infeld. L. (1938). *The Evolution of Physics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
29. Vázquez Alonso, Á. y Manassero Mas, M. A. (2007). Las actividades extraescolares relacionadas con la ciencia y la tecnología. *Revista electrónica de investigación educativa*, 9(1), 1-34.
30. Braund, M. y Reiss, M. (2006). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out of school learning. *International journal of science education*, 28(12), 1373-1388.
31. Newman, D.; Griffin, P. y Cole, M. (1998). *La zona de construcción del conocimiento: trabajando por un cambio cognitivo en educación*, Madrid, España: Ediciones Morata, vol. 23.
32. Hong, J. C.; Hwang, M. Y.; Liu, M. C.; Ho, H. Y. y Chen, Y. L. (2014). Using a "prediction-observation-explanation" inquiry model to enhance student interest and intention to continue science learning predicted by their Internet cognitive failure. *Computers & Education*, 72, 110-120.

