



Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias
ISSN: 1697-011X
revista.eureka@uca.es
Universidad de Cádiz
España

Un currículo operativo con 10 ideas clave sobre energía para construir a lo largo de la escolaridad

López-Simó, Víctor; Couso, Digna

Un currículo operativo con 10 ideas clave sobre energía para construir a lo largo de la escolaridad

Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 19, núm. 3, 2022

Universidad de Cádiz, España

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92070576003>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3501

Un currículo operativo con 10 ideas clave sobre energía para construir a lo largo de la escolaridad

An operative curriculum with 10 key ideas about energy to be built throughout schooling period

Víctor López-Simó
Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències
Experimentals. UAB, España
victor.lopez@uab.cat

 <https://orcid.org/0000-0002-2161-9211>

Digna Couso
Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències
Experimentals. UAB, España
digna.couso@uab.cat

 <https://orcid.org/0000-0003-4253-5049>

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3501
Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92070576003>

Recepción: 01 Octubre 2021

Revisado: 05 Diciembre 2021

Aprobación: 21 Marzo 2022

RESUMEN:

Partiendo de la relevancia actual de la educación sobre cuestiones energéticas y de las problemáticas identificadas en la literatura en la enseñanza y el aprendizaje de este contenido escolar, se presenta el proceso de conceptualización y co-creación de un currículo operativo de la energía, una propuesta de orientación curricular dirigida al conjunto de la comunidad educativa de primaria y secundaria. Se pone el foco en la propuesta de 10 ideas clave sobre energía incluidas en esta propuesta curricular, que pretenden abarcar el conjunto de las disciplinas escolares relacionadas con la energía y se ofrece una propuesta de progresión de estas ideas a lo largo de la escolaridad.

PALABRAS CLAVE: energía, ideas clave, sostenibilidad, progresión de aprendizaje.

ABSTRACT:

Based on the current relevance of education on energy issues, and on the problems identified in the literature in the teaching and learning of this content, we expose the process of conceptualization and co-creation of an operational curriculum about energy, addressed to the entire primary and secondary school community. Within this operative curriculum, we focus on the 10 key ideas about energy, that deal with the different school disciplines related to energy. We also define a learning progression of these ideas throughout schooling period.

KEYWORDS: energy, key ideas, sustainability, learning progressions.

LOS RETOS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Nos enfrentamos a una crisis energética global en la que el modelo actual, basado en el consumo masivo de combustibles fósiles, está llegando irremediamente a su fin. Independientemente de qué cálculo se use para prever la fecha en que los combustibles se agotarán (o bien su extracción dejará de ser tecnológicamente viable), ya nadie cuestiona que en pocas décadas ya no quedará gas ni petróleo para seguir quemando (Riba, 2011). Tampoco se pone en cuestión la existencia de efectos devastadores para el bienestar del planeta y la salud de las personas del consumo actual de combustibles y de la emisión de gases que se deriva (IPCC, 2021). El cambio climático avanza a un ritmo vertiginoso, y la emergencia climática amenaza no solo con el derretimiento de los polos y el aumento del nivel del mar, sino con cambios drásticos en los fenómenos

atmosféricos y meteorológicos cada vez más virulentos (sequías, inundaciones, incendios, etc.) y también agudiza la crisis de la biodiversidad del planeta, con consecuencias aún más impredecibles. Además de los gases de efecto invernadero, cada vez son más evidentes los efectos negativos de la emisión de otras partículas contaminantes derivada de los combustibles fósiles.

Estas emergencias energéticas, climáticas y de biodiversidad, ninguneadas durante décadas por los grandes poderes políticos y económicos, han entrado finalmente en la agenda política. El Acuerdo de París de 2015 estableció el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global a 1,5°C, las directrices de la Unión Europea sitúan la descarbonización completa de la economía para 2050 y los gobernantes de los diferentes territorios han incorporado la idea de “transición energética” en sus políticas o, como mínimo, en sus discursos. Pero la forma de avanzar hacia esta transición energética no está ni mucho menos clara y esto está ocasionando nuevas (y viejas) tensiones políticas (Sans y Pulla, 2014), así como una subida de los precios de la electricidad y el gas en los últimos tiempos, que están situando la energía en el centro del debate social y político. Algunos planteamientos situados en el reformismo verde parecen vislumbrar un futuro basado en centrales eólicas y fotovoltaicas que cubran la demanda eléctrica actual y permitan a su vez la producción industrial de biocombustibles o hidrógeno para los sectores que no puedan ser electrificados. A su vez, muchas otras voces sitúan la escasez de materiales a escala global (no solamente de petróleo o gas, sino de silicio o litio) como el principal factor limitante para el desarrollo de estas nuevas soluciones “verdes” y afirman que lo primordial es reducir drásticamente el consumo energético mediante el decrecimiento económico y cambios radicales en el modelo productivo y de distribución de la riqueza. Y dentro de este complejo debate, tampoco existe consenso sobre qué hacer con la energía nuclear, que para algunos es parte de la solución a corto plazo y, para otros, parte del problema que debe ser atajado cuando antes.

Evidentemente el debate sobre la transición energética es extremadamente complejo y escapa tanto del alcance de este artículo como de la propia área de la enseñanza de las ciencias. No obstante, como educadores y didactas sí que tenemos el deber de identificar algunos elementos clave sobre el futuro energético de nuestra sociedad que nos ayuden a pensar qué deberíamos enseñar sobre energía y para qué. Así, por ejemplo, si sabemos que la principal fuente de energía a medio plazo será de origen renovable (solar y eólica), es fácil prever que esto tendrá un impacto muy grande en la forma de producir y consumir electricidad: picos y valles de producción que requerirán cambios en los hábitos de consumo y en el almacenamiento doméstico (Villar, 2021), así como sistemas y redes de obtención y almacenamiento más distribuidas, locales y multidireccionales que las actuales que requerirán nuevas formas de organizarnos como consumidores de energía (Ortiz *et al.*, 2019). También es fácil prever nuevos conflictos asociados a la escasez de materiales para la electrificación global (European Chemical Society, 2019), así como el reto de un control democrático de dichos recursos que garantice justicia social y respeto a los derechos humanos (Taibo, 2020). Por no hablar de que, por mucho que se electrifique la industria o los hogares, y por mucho que mejore el rendimiento energético en nuestras vidas, habrá que asumir cambios radicales en muchas de nuestras formas de consumo actual, que pasan por una desescalada del comercio internacional, limitación del transporte aéreo de masas, apuestas por el consumo local de bienes, etc. Esto implica también cambios en los hábitos de alimentación y consumo de todo tipo de bienes y servicios.

HACIA UNA ALFABETIZACIÓN CIUDADANA SOBRE ENERGÍA

En el modelo energético actual y con la cultura energética predominante, la mayoría de los ciudadanos de nuestro país hasta el momento no han jugado un papel activo en temas energéticos, ejerciendo en la mayoría de los casos consumidores pasivos y con poca información sobre todo lo que implica la producción, el transporte y el uso de la energía. Un claro ejemplo es el hecho de que el grueso de la población reconoce que no sabe leer una factura eléctrica (OCU, 2021). Además, la alarmante subida del precio de la electricidad y del gas que estamos viviendo en estos momentos está poniendo la cuestión de la energía en el centro del

debate político, con informaciones confusas sobre un sistema energético complejo, en manos de oligopolios, donde se intenta hacernos creer que “no se pueden cambiar las cosas”. Y es que, hasta hace poco, ha existido poco interés de la mayoría de la ciudadanía por entender los temas energéticos e involucrarse en cuestiones socialmente relevantes relacionadas con la energía (Gil y Vilches, 2006). Por contra, si queremos avanzar hacia nuevos modelos energéticos más democráticos, más seguros, más justos y sostenibles, es necesario una mayor alfabetización o competencia ciudadana, que permita a la ciudadanía tomar partido respecto las formas de obtener, almacenar o comercializar la energía, así como tomar decisiones colectivas y resolver conflictos asociados. Por suerte, existe un creciente interés por los temas ambientales de los y las jóvenes que se refleja en movimientos sociales como *Fridays For Future*, así como una oleada de movimientos ecofeministas y por la justicia global dentro del propio ámbito de la educación STEM (Caireta, 2020, Domènech-Casal, 2018) que debemos aprovechar. También existe un interés creciente dentro del área de la educación científica por las cuestiones socialmente relevantes, donde el conocimiento de los estudiantes sobre la ciencia o temas científico-tecnológicos debe incorporar aspectos importantes asociados a los valores y las emociones (Couso y Puig, 2021). El informe estratégico para PISA 2024 (Osborne y Atcher, 2020) propone una re-definición de la competencia científica donde los valores juegan un papel más importante, y también la UNESCO ha incorporado la energía como uno de los objetivos educativos para el Desarrollo Sostenible (UNESCO, 2017), donde señala que es crucial educar a la población para afrontar el reto de la transición energética. De acuerdo con estos ODS, la formación de los estudiantes en temas energéticos implica tres niveles:

1. La comprensión de ideas y conceptos: conocer las diferentes fuentes de energía y sus respectivas ventajas y desventajas; entender los conceptos de eficiencia energética y suficiencia, etc.
2. Las habilidades prácticas y formas de hacer: aplicar y evaluar medidas para aumentar la eficiencia energética; comparar y evaluar diferentes modelos de negocio y su adaptación para diferentes soluciones energéticas; influir en los proveedores de energía para producir energía segura, fiable y sostenible, etc.
3. Los valores y principios que rigen nuestro hacer: evaluar y comprender la necesidad de energía asequible, confiable, sostenible y limpia para otros países o regiones; cooperar y colaborar con otros para transferir y adaptar las tecnologías energéticas a diferentes contextos, compartir las mejores prácticas energéticas en comunidad, etc.

Estas diferentes orientaciones curriculares plantean una cuestión para nada trivial: ¿cómo conseguir un aprendizaje sólido sobre energía que permita al alumnado comprender y participar activamente en los procesos de transición energética venideros? Este aprendizaje requiere de nuestros estudiantes una comprensión de la energía a nivel científico, pero también tecnológico, social y ambiental. Además, requiere la capacidad de usar ese conocimiento para actuar y tomar decisiones razonadas sobre energía, así como concebir nuevas formas de relacionarnos con la energía más sostenibles, seguras y solidarias que las que existen en la actualidad.

NECESIDADES IDENTIFICADAS EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA ENERGÍA

A pesar de que la inminente transición energética sitúa la energía como un contenido escolar clave sobre el que construir esta alfabetización ciudadana, lo cierto es que el interés por la enseñanza de la energía ha sido una constante en la historia de la didáctica, especialmente en el área de física, pero también de las demás ciencias, la tecnología y las ciencias sociales. Ya en 1986 se publicó en Leeds (Reino Unido) el documento pionero *Energy Matters*, donde algunos referentes de la didáctica en Europa señalaron cuestiones aun no resueltas relacionadas con su conceptualización escolar, como la naturaleza casi-material de la energía (Duit, 1986) o sobre la relación entre energía y los cambios (Ogborn, 1986). Poco después la *Nuffield Foundation* patrocinó el famoso “Energy and Change”, una propuesta curricular innovadora que replanteaba la enseñanza de la energía a partir de los conceptos de configuración y cambio de los sistemas (Boohan y Ogborn, 1990). Desde entonces, una larga tradición de investigación didáctica ha permitido identificar

con nitidez una gran variedad de dificultades de aprendizaje de la energía en los diferentes ámbitos del conocimiento (Driver y Warrington, 1985; Trumper, 1993; Solbes y Tarín, 1998; Domènech *et al.*, 2001; Pérez *et al.*, 2016), y también de propuestas didácticas orientadas a superar dichas dificultades, tanto desde la física conceptual (Pérez-Landazábal y Varela-Nieto, 2006; Soto *et al.*, 2019), la tecnología (García-Carmona y Criado, 2013), la biología (Bravo y Jiménez-Aleixandre, 2013), la sostenibilidad (Vilches y Gil, 2003; de Pro y Rodríguez, 2014) o la educación para el consumo (González, 2000), entre muchas otras. Además, existe consenso respecto al origen social de las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, que no emergen solamente por su experiencia o forma de razonar individual (Pozo, 1996; Carrascosa, 2005). En este sentido, la polisemia del término energía es también causante de la confusión, así como el uso torticero y engañoso que se hace en la publicidad del ámbito (cuando las grandes compañías eléctricas ofrecen “energía verde” o “energía azul”) o de prácticas pseudocientíficas (cuando se habla de “energía espiritual”, “energía vital” o “energía negativa” en el esoterismo y la pseudociencia) (Mans, 2008). Por si fuera poco, la propia enseñanza de la energía no está absenta de problemáticas, que van desde la dificultad para diferenciar y conectar adecuadamente conceptos cotidianos y científicos sobre energía (Nuñez *et al.* 2005), el abordaje conceptualmente pobre y reducido al uso de reglas y algoritmos de forma acrítica sin interpelar el fondo conceptual de los problemas sobre energía (García-Carmona, 2006), la falta de implicación en cuestiones de sostenibilidad (Gil y Vilches, 2006), o la distancia existente entre el planteamiento ideológico de la educación ambiental y su concreción práctica en las aulas (Calafell *et al.*, 2013).

Con el objetivo de abordar estas diferentes cuestiones, desde el ICAEN (Instituto Catalán de la Energía), a través de la colaboración con la UAB, se elaboró un estudio de necesidades de la enseñanza de la energía que involucró el análisis de más de 100 recursos educativos de diferentes cursos, ámbitos del conocimiento y enfoques metodológicos, así como entrevistas y focus-group con docentes de primaria y secundaria (incluyendo profesorado de física y química, biología y geología, tecnología y geografía e historia), educadores ambientales, responsables de museos y otros profesionales del mundo de la educación sobre energía en Cataluña (López-Simó *et al.*, 2019). Los resultados de este análisis de dificultades, estructurado en dificultades respecto al uso del concepto de energía en la escuela (como contenido curricular) o respecto su uso social, así como vinculadas a su enseñanza o aprendizaje, las hemos resumido en la Tabla 1.

En este análisis de necesidades se observó el interés por parte de los diferentes agentes implicados de que exista: a) una mayor clarificación conceptual de las grandes ideas sobre energía que deben construirse a lo largo de la escolaridad, b) una vinculación clara entre las disciplinas escolares implicadas en la enseñanza de la energía, y c) una mejor y mayor continuidad entre las etapas de educación primaria y secundaria. Otro de los aspectos clave fue otorgar un papel más relevante a los contextos y problemas reales relacionados con la energía (vivienda, transporte, alimentación, etc.), enfoques didácticos más competenciales orientados al empoderamiento del alumnado (no para reproducirse acríticamente contenidos sino para comprender el mundo y actuar para mejorarlo), así como una mayor perspectiva de los valores de sostenibilidad, equidad y justicia social a escalas local y global. Todas estas cuestiones derivaron con la propuesta que señalaban la necesidad de un Currículum Operativo de la Energía, es decir, un documento de orientación curricular que vertebrara la enseñanza de la energía a lo largo y ancho de la escolaridad.

TABLA 1
Resumen de las dificultades y obstáculos identificados en la enseñanza y aprendizaje de la energía

	Dificultades para el aprendizaje	Dificultades para la enseñanza
Respecto la energía como contenido curricular (la energía dentro de la escuela)	<ul style="list-style-type: none"> • Conceptualización de la energía (sustancia cuasi material, función de estado, etc.) • Influencia de ideas alternativas, razonamientos espontáneos (sobre calor, trabajo, conservación, degradación...) • Confusiones entre conceptos asociados (cambio climático, capa de ozono, tipos de contaminación...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfoque reproductivo y transmisivo (fórmulas y cálculos en vez de razonamientos) • Compartimentación estanca de la energía entre asignaturas (sociales, experimentales, tecnología ...) • Salto metodológico entre primaria y secundaria (de experimental a formal)
Respecto la energía como cuestión social (la energía en la sociedad)	<ul style="list-style-type: none"> • Polisemia del término energía en diferentes ámbitos de la sociedad (esoterismo, publicidad, pseudociencias, alimentación, ...) • Confusiones inducidas desde el ámbito político y empresarial (energía verde, energía azul, revolución energética, tarificación, ofertas...) • Percepción de lejanía temporal y espacial de los conflictos (crisis políticas, efectos a largo plazo del cambio climático...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconexión entre contenidos y problemáticas sociales (pobreza energética, crisis energética...) • Visión naif y estereotipada de la sostenibilidad (consignas superficiales, centrado solamente en hábitos de consumo...) • Temor docente a abordar cuestiones con carga política (miedo a adoctrinar, búsqueda de la neutralidad...)

DISEÑO DE UN CURRÍCULO OPERATIVO DE LA ENERGÍA

El currículo operativo de la energía pretende ser una herramienta de trabajo al servicio del conjunto de la comunidad educativa (profesorado de primaria y secundaria, educadores no formales, didactas, etc.), que aporte una visión transversal a la enseñanza de la energía y que oriente el diseño e implementación de actividades y proyectos sobre energía. Para su elaboración, se han seguido diferentes fases, presentadas a continuación.

Fase 1: Revisión internacional de orientaciones curriculares sobre energía: Para ello, se seleccionaron 4 propuestas de orientación curricular relacionadas con la enseñanza de la energía:

- Los Objetivos para el Desarrollo Sostenible de la UNESCO y, en concreto el objetivo 7, “acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- El Victorian Curriculum F-10, una propuesta de orientación curricular que además de presentar el currículo nacional de Australia, incorpora prioridades y estándares propios del estado de Victoria. Esta propuesta es heredera del proyecto Science Continuum P-10, conocido por sus mapas de progresión conceptual de ideas científicas: <https://victoriancurriculum.vcaa.vic.edu.au/>
- Los Next Generation Science Standards, uno de los principales documentos de referencia internacional en el ámbito de la enseñanza científico-tecnológica, orientado a establecer estándares educativos incorporando ideas clave en progresión, prácticas científicas y tecnológicas e ideas transversales: <https://www.nextgenscience.org/>

- El IOPSpark, una plataforma de enseñanza de la física con recursos orientados al desarrollo del conocimiento didáctico del contenido del profesorado en el Reino Unido, y que dispone de una sección sobre enseñanza de la energía: <https://spark.iop.org/>

Fase 2: Conceptualización del currículo operativo: En base a los resultados de esta revisión internacional, se optó por una conceptualización del currículo en tres niveles, tal como se muestra en la figura 1. Así, en primer lugar, se optó por definir un conjunto de ideas clave sobre energía, presentadas en forma de enunciados y con una pequeña progresión de aprendizaje para cada una de ellas en estadios o niveles, igual como se elabora en algunas de las orientaciones, y también en el conocido documento Principios y grandes ideas de la educación en ciencias (Harlen, 2010). Cabe destacar que la forma de presentar las ideas mediante un listado estructurado de enunciados no va dirigido al alumnado (es decir, no se trata de material del alumno) sino que pretendía ser una guía para los y las docentes, para orientar y dar coherencia a la acción educativa. A su vez, estas ideas clave debían ser la base para desarrollar a lo largo de la escolaridad un conjunto de competencias sobre energía, concebidas como la capacidad no solamente para comprender la energía (sus leyes físicas, sus limitaciones tecnológicas, su impacto social y ambiental, etc.), sino como la capacidad para tomar mejores decisiones, actuar de forma más razonada, y para imaginar y transformar la realidad actual hacia nuevas formas de relacionarnos con la energía (obtenerla, consumirla, almacenarla, repartirla, comercializarla, etc.) que, de acuerdo con los ODS, sean más seguras, sostenibles y solidarias. Finalmente, en un tercer nivel encontraríamos los contextos donde enseñar y aprender energía es relevante, tanto por su cotidianidad (el uso de la energía en el hogar) como por su importancia social (conflictos, problemáticas sociales, etc.). De este modo, si las competencias implican no solo “saber” sino “saber hacer y ser” (Sanmartí, 2020), estas formas de “hacer y ser” toman una forma concreta en cada uno de estos contextos.

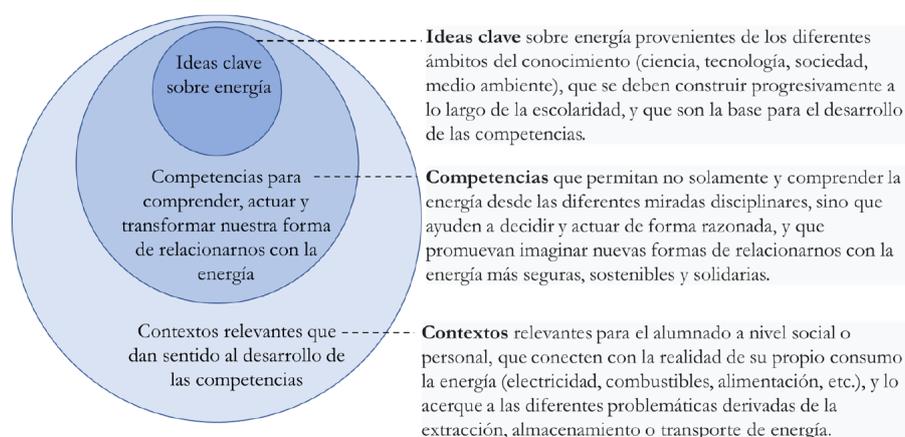


FIGURA 1
Diagrama de la estructura del currículo operativo de la energía
Elaboración propia

Fase 3: Co-creación del contenido del currículo operativo: A partir de dicha propuesta, se constituyó un comité interdisciplinar, compuesto por expertos en prospectivas energéticas, investigadores en didáctica de distintos ámbitos, 2 maestras de primaria, 2 docentes de Física y Química, 2 docentes de Biología y Geología, 2 docentes de Tecnología, 2 docentes de Geografía y Economía, y 2 profesionales de la educación no formal. El objetivo para dicho comité interdisciplinar era el de desarrollar cada uno de los tres niveles (ideas, competencias y contextos) a través de un proceso de co-creación y discusión, donde cada participante aportaba desde su ámbito de experiencia. Como resultado de este proceso se seleccionaron un total de 10 ideas clave, 3 competencias y 7 contextos.

Fase 4: Despliegue del currículo operativo: Finalmente, en una última fase se llevó a cabo una selección de actividades ejemplares existentes sobre enseñanza de la energía, que permitiera nutrir esta propuesta de

orientación curricular con ejemplos prácticos de alto valor didáctico. Además, se espera que en los próximos meses este proceso de despliegue pueda seguir adelante (incorporando ejemplos o más enlaces a recursos), ya que el documento ha sido concebido como un documento vivo y en revisión, abierto al conjunto de la comunidad educativa.

El documento resultante de este proceso descrito puede leerse en detalle en la web *Escola de l'Energia*: (http://icaen.gencat.cat/es/detalls/publicacio/20211222_pub_curriculum_operatiu). Puesto que presentar todo el contenido del currículum operativo supera la extensión de este artículo, a continuación, nos centraremos en la propuesta de 10 ideas clave sobre energía que contiene el documento, poniendo el énfasis en la idea de progresión curricular como propuesta de trayectoria hipotética. Evidentemente, estas ideas escapan del ámbito estrictamente científico, y abarcan el conjunto de lo que tradicionalmente se ha denominado como CTS (Membiela y Padilla, 2005), así como otras cuestiones relacionadas con la cultura y los valores relacionados con la energía.

UNA PROPUESTA DE 10 IDEAS CLAVE Y EN PROGRESIÓN SOBRE ENERGÍA

A continuación, presentamos brevemente cuáles son las 10 ideas seleccionadas, justificamos brevemente su elección y ofrecemos un resumen, presentado en las figuras 2, 3 y 4 de cuál podría ser el mapa de progresión para cada una de estas ideas.

1. Idea de estado y de cambio: La energía es un concepto que utilizamos para poder seguir la pista a los cambios en el estado de los sistemas

La ciencia utiliza la idea de energía para describir de forma fácil el estado, generalmente complejo, en el que se encuentra cualquier sistema natural o tecnológico. El alumnado, al final de su escolaridad, debe comprender que la ventaja de utilizar este concepto es que una única magnitud física permite establecer equivalencias entre sistemas y procesos que son muy diferentes entre ellos, en base a identificar / definir su estado a través de variables como la posición o velocidad de un objeto, la configuración química de una pila o la temperatura de una sustancia, para predecir cómo cambiarán. Sin embargo, aunque la energía no es una sustancia material, a menudo hablamos de su transporte y almacenamiento como si lo fuera.

2. Idea de transferencia y de cadena energética: La energía se transfiere de un sistema a otro a través de cambios encadenados

Todos los cambios en la naturaleza están encadenados: cuando un objeto calienta a otro, este se enfría; cuando se empujan dos objetos entre sí, uno aumenta y el otro reduce su movimiento, etc. Estos cambios pueden ser analizados e interpretados con la idea de transferir energía de un sistema (o partes de un sistema) a otros, y la potencia nos indica la velocidad con la que se transfiere esta energía. Cuando relacionamos varias transferencias encadenadas, hablamos de la cadena de energía. El alumnado puede usar la idea de cadena desde la física (cuando nos preguntamos si la transferencia se realiza a través del calor o el trabajo), desde la química (cuando miramos la energía que se libera o se absorbe en una reacción), desde la biología (cuando nos fijamos en las redes tróficas, relacionado con la idea 4) o desde la tecnología (cuando analizamos la energía primaria, secundaria y la final, relacionado con la idea 5).

3. Idea de conservación y degradación de la energía: Aunque la cantidad de energía en el universo es siempre la misma, en todos los cambios se degrada irremediamente y se vuelve menos útil

En cualquier cambio que ocurra en el Universo, la cantidad total de energía es constante, pero su capacidad para producir nuevos cambios disminuye irremediamente. Es por ello por lo que constantemente necesitamos nueva energía útil para seguir realizando cambios en nuestro entorno (movernos, calentarnos, alimentarnos, etc.). Esta nueva energía útil se obtiene de las fuentes de energía del planeta Tierra, que casi siempre tienen como origen directo o indirecto al Sol, salvo en los casos relacionados con la energía nuclear o geotérmica. Estas fuentes de energía pueden ser renovables (cuando no se agotan en una escala de tiempo humana, como el viento o los ríos), o finitas (cuando provienen de una cantidad finita de material que no se

puede renovar en una escala de tiempo humana, como el petróleo o el uranio). Esta idea facilitará al alumnado pensar en la escasez de recursos fósiles (relacionado con la idea 5), a pesar de que en teoría la energía “se conserve”.

4. Idea de energía en los seres vivos: Todos los seres vivos intercambian energía con el medio ambiente, utilizando una parte y almacenando otra

La vida es un proceso constante de intercambio de materia y energía entre los seres vivos y su entorno. Todos los seres vivos necesitan energía para realizar sus funciones vitales. Los seres productores, como las plantas, absorben compuestos inorgánicos y crean nuevos enlaces químicos para “almacenar” la energía que capturan del Sol, que luego podemos liberar / usar en otros procesos al realizar reacciones exotérmicas. Por otro lado, los consumidores toman materia orgánica del medio ambiente y liberan materia inorgánica. Podemos estudiar los intercambios de materia y energía que existen a diferentes niveles (a nivel celular, a nivel individual o a nivel de ecosistema) analizando los flujos de energía que se producen en cada nivel, con el fin de entender cómo cada individuo absorbe la energía de su alimento, almacena parte de ella (que luego se aprovechará de su depredador) y disipa a otro (de acuerdo con la idea 3).

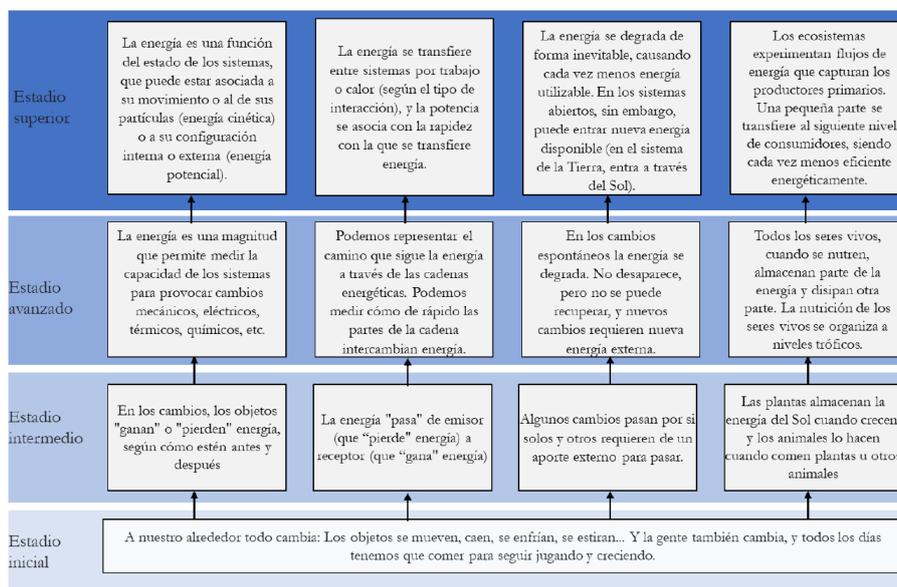


FIGURA 2

Mapa de progresión de las ideas 1 2 3 y 4 en el currículo operativo de la energía

5. Idea de aprovechamiento tecnológico de los recursos energéticos: Solo podemos aprovechar la energía si contamos con las herramientas adecuadas para hacerlo

Si lo pensamos bien, en realidad no tiene sentido hablar de cuánta energía tienen los sistemas, sino de cuánto podemos aprovechar. Por ejemplo, las nubes tienen mucha energía potencial, pero solo podemos aprovechar parte de esta energía cuando llueve, y el agua de los ríos mueve turbinas. Lo mismo se aplica al almacenamiento: las descargas eléctricas de los rayos transfieren mucha energía, pero sin la capacidad efectiva de almacenarla, no podemos considerar el relámpago como un recurso energético. Por suerte, las personas están desarrollando cada vez más ingenios sofisticados para aprovechar más y mejor la energía: la máquina de vapor, los generadores electromagnéticos, los materiales fotoeléctricos entre otros son ejemplos bien conocidos. Así, más que las especificidades de cada sistema tecnológico, lo fundamental será que el estudiante construya el concepto de recursos estrechamente al de las herramientas tecnológicas de que se dispone.

6. Idea de modelo energético: Toda forma de obtener energía va de la mano de un modelo socioeconómico y cultural

El modelo energético de un país o una región en general puede definirse como el conjunto de fuentes energéticas de las que dispone y depende, así como sus formas de obtener, transportar, almacenar y consumir energía. Los modelos energéticos han sufrido cambios a lo largo de la historia, de la mano de las transformaciones tecnológicas, económicas y sociales (Arthur, 2009). Cada modelo energético implica Pensemos por ejemplo en la revolución agrícola, en la que aparece un nuevo recurso energético (la energía de los animales para mover y arrastrar objetos), mientras que en la 1ª revolución industrial se propone una nueva forma de aprovechar para generar movimiento el conocido recurso del carbón y en la 2ª revolución industrial en la que aparece la posibilidad de generar electricidad a partir de diferentes maneras de generar movimiento. Al mismo tiempo, son las propias herramientas las que han contribuido a los cambios de la sociedad, no solo tecnológicos sino culturales. El alumnado deberá comprender la estrecha relación entre las transformaciones energéticas con las transformaciones económicas, sociales y culturales, para comprender que la venidera transición energética y el fin de la cultura del “petróleo barato” comportará nuevos cambios hasta ahora imprevisibles.

7. Idea de impacto ambiental: El uso de la energía siempre implica un impacto ambiental

Todas las acciones humanas tienen un impacto directo o indirecto en el medio ambiente, y el alumnado debe ser consciente de ello. Este impacto puede ser de muchos tipos diferentes. Puede ser muy pequeño (como es el caso de los molinos tradicionales) o muy grande (como con las centrales eléctricas de carbón). Puede ocurrir en la explotación de recursos (como en el fracking, o con la extracción de materias primas para fabricar baterías para almacenar energía) o en forma de residuos y contaminación (como en los gases contaminantes emitidos por los medios de transporte), e incluso en algunos casos puede “retrasarse” en forma de riesgo ambiental (como sucede con los residuos nucleares subterráneos), pero no desaparecer. La Tierra es capaz de absorber y compensar algunos de estos impactos, aunque de forma moderada y lenta. En las últimas décadas, sin embargo, los impactos ambientales que se están dando con la quema de combustibles como principal causa de emisiones de gases de efecto invernadero están produciendo una crisis climática sin precedentes en la historia de la humanidad, con efectos muy dañinos en la vida de los humanos en la Tierra.

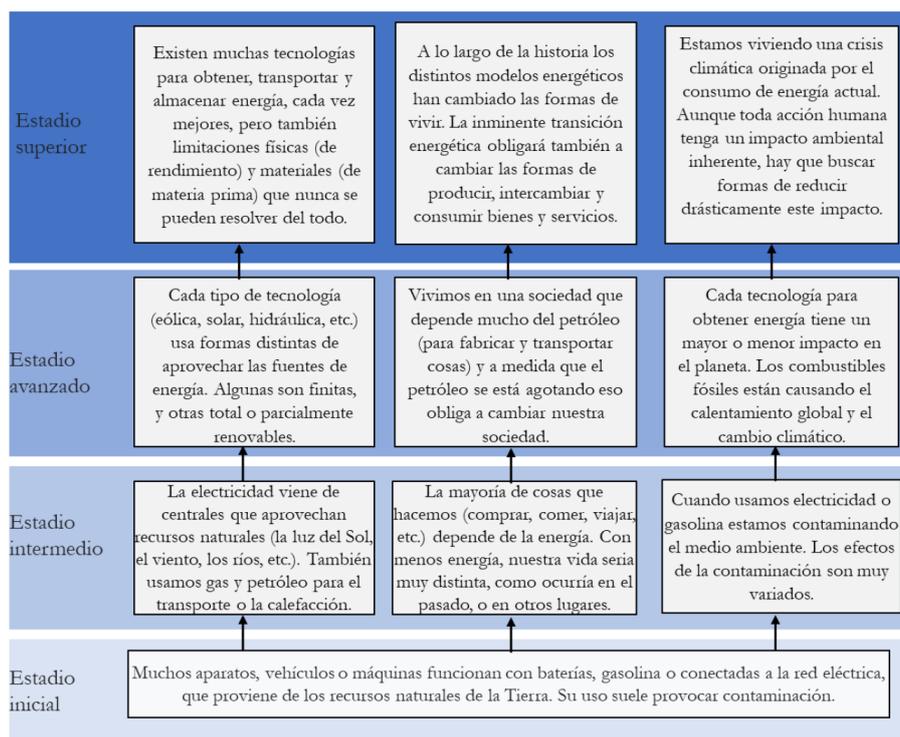


FIGURA 3

Mapa de progresión de las ideas 5 6 y 7 en el currículo operativo de la energía

8. Idea de derechos y deberes energéticos: La energía es un bien común y debemos tener derecho a utilizarla y hacer un buen uso de ella

Toda la energía existente del planeta Tierra tiene su origen en sus recursos naturales (como hemos visto en las ideas 2 y 5). Además, su uso es esencial para satisfacer muchas de las necesidades básicas de las personas en la actualidad: calefacción, iluminación, alimentación o transporte (relacionado con la idea 6). Por lo tanto, el alumnado debe comprender que el derecho a un suministro básico de energía debe ser un derecho para todas las personas del planeta, que no puede estar sujeto a intereses económicos. Al mismo tiempo, dado que se trata de un bien común, tenemos la responsabilidad de hacer que su uso sea lo más bajo y sostenible posible.

9. Idea de energía como recurso geoestratégico: El control de la energía siempre ha estado asociado a conflictos sociales, políticos y económicos

Si la energía es la capacidad de producir cambios naturales o tecnológicos (idea 1), su control afecta a muchas facetas de la vida humana: transporte, industria, alimentación, etc. El control de grandes recursos fósiles (gas y petróleo) y otras materias primas (litio, cobalto, agua, fosfatos, etc.) ha estado detrás de muchas de las guerras y conflictos de las últimas décadas, que a su vez han desencadenado otros conflictos y problemas humanitarios: refugiados, inestabilidad, terrorismo y violación de los derechos humanos, etc. El alumnado debe ser conocedor de estas problemáticas, para así sentir la necesidad de acercarnos hacia modelos energéticos menos dependientes de los recursos fósiles que llevan asociados estas problemáticas y prevenir futuros conflictos políticos derivados del control de los recursos naturales en general.

10. Idea de protagonismo en el cambio de modelo energético: Nuestra actitud y toma de decisiones pueden ayudar a cambiar el modelo energético

A pesar de la inercia que tienen las sociedades para reproducir las formas de vivir y relacionarse que ya conocemos y aunque en el modelo energético actual las personas son consumidoras pasivas de energía, tenemos el deber que el alumnado comprenda su propio protagonismo en los cambios venideros, para así poder desarrollar su competencia. Los estudiantes deben conocer que existe un amplio abanico de iniciativas

y movimientos sociales a favor de cambios profundos de modelo energético, que pueden producirse a muchos niveles. Estos cambios pueden basarse en modificar los hábitos de consumo y el tipo de contratación, en elegir opciones de vida más sostenibles en cuanto a alimentación o transporte, en contribuir a poner la justicia global y la ecología en el centro de las políticas públicas, en organizarse colectivamente para promover y exigir los cambios necesarios hacia un modelo energético más justo, seguro y sostenible. También deben tener esperanza en el diseño de nuevos y mejores mecanismos desde el punto de vista de la eficiencia energética, con la búsqueda de nuevos materiales e ingenios que aprovechen parte de la energía que ahora se disipa, o que necesiten menos energía para funcionar, entendiendo que estas tecnologías, para representar una verdadera solución, deben estar al servicio de la justicia global.

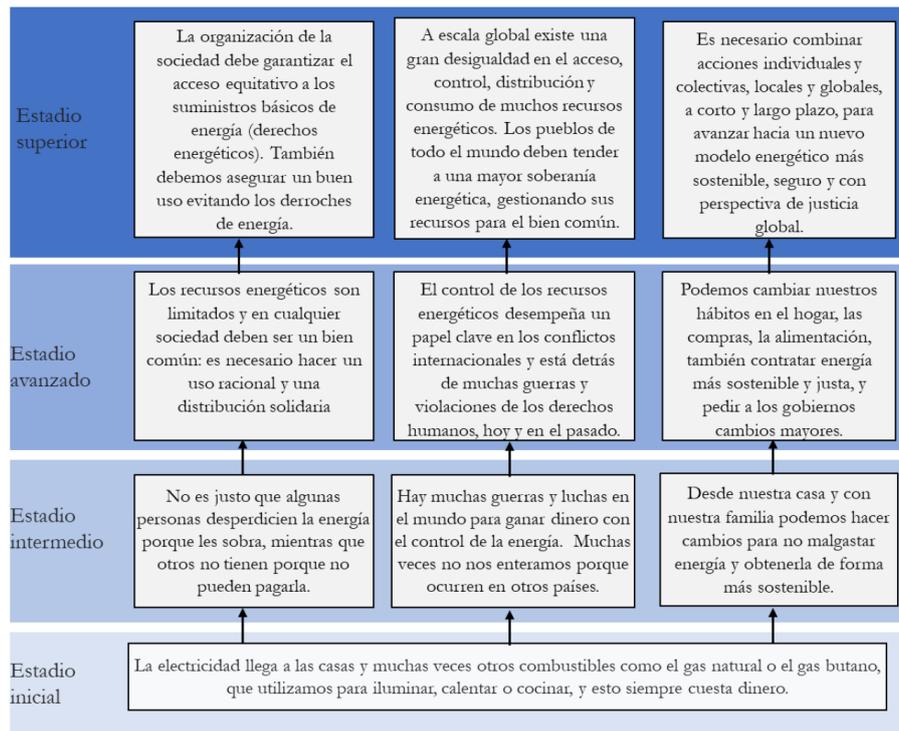


FIGURA 4
Mapa de progresión de las ideas 8 9 y 10 en el currículo operativo de la energía

CONSIDERACIONES FINALES

Estas 10 ideas y sus progresiones de aprendizaje, construidas a través del proceso de co-creación entre el ICAEN, el CRECIM de la UAB y un comité interdisciplinar, configuran una de las piezas clave del denominado Currículo Operativo de la Energía. Evidentemente, somos conscientes de las limitaciones que conlleva definir solamente 10 ideas para abarcar el conjunto de los ámbitos donde la energía es relevante, y posiblemente todavía se podrían incorporar ideas provenientes de disciplinas científicas donde la energía tiene un papel singular, como la química o la geología. Además, como hemos dicho al inicio, no son enunciados que deban ser usados como contenidos de enseñanza literales. De poco sirve enunciar delante del alumnado que “la energía se transfiere” o que “la energía se disipa”, ni tampoco pedir que reproduzcan ni memoricen ninguno de ellos. El verdadero reto es ir construyendo estas ideas de forma coherente a lo largo de la escolaridad convirtiéndolas en conocimientos durables que ayuden a superar algunas de las dificultades de enseñanza y de aprendizaje con las que abrimos el artículo. Por este motivo, estas ideas no deben concebirse como algo aislado, sino estrechamente relacionadas con las competencias que soportan (que van desde la capacidad para comprender, tomar decisiones y buscar formas de transformar el modelo energético actual),

y estas a su vez con los contextos relevantes con los que toman sentido estas diferentes formas de hacer, de hablar y de la pensar en la energía, que van desde el ámbito doméstico y privado hasta la esfera pública y la toma de decisiones que afectan al conjunto de la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo queremos agradecer la colaboración a los miembros del ICAEN (Judith Frutos, Laura Coll y David Villar), a los colaboradores del CRECIM (Gerard Costa, Sarai Garriga y Joana Gelabert), y a los participantes del comité interdisciplinar (Cesc Ayora, Xavi Badenes, Gemma Elias, Uru Guinard, Conchi Lobillo, Adri López, Anna Marbà, Natxo Mercader, Jordi Regalés, Caterina Soler, Elia Tena y Silvia Zurita).

REFERENCIAS

- Arnold, M. y Millar, R. (1996). Learning the scientific "story": A case study in the teaching and learning of elementary thermodynamics. *Science Education*, 80(3), 249-281. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199606\)80:3<249::AID-SCE1>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199606)80:3<249::AID-SCE1>3.0.CO;2-E)
- Arthur, B. (2009). *The Nature of Technology: What it is and how it evolves*. Penguin Books.
- Boohan, R. y Ogborn, J. (1990). *Energy and change*. The Association for Science Education.
- Bravo, B. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2013). ¿Criaríamos leones en granjas? Uso de pruebas y conocimiento conceptual en un problema de acuicultura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 145-158. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2829>
- Caireta, M. (2020). La Escola d'Estiu EduglobalSTEM: una experiència comunitària d'aprenentatge i apoderament de professorat. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 40, 2-8. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencias.426>
- Calafell G., Junyent, M. y Bonil, J. (2013). Ideas de alto nivel: ideas para repensar y avanzar en la ambientalización curricular. *Enseñanza de las Ciencias*, Núm. Extra, 557-562. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/296746>
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte 1). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 183-208. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3918>
- Couso, D. y Puig, B. (2021). Educación Científica en Tiempos de Pandemia. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 104, 49-56.
- de Pro, A. y Rodríguez, J. (2014). Desarrollo de la propuesta "si se necesita más energía... que no se hagan más centrales" en un aula de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 267-284. <https://doi.org/10.5565/rev/en ciencias.1016>
- Doménech, J. L., Gil-Pérez, D., Martínez-Torregrosa, J., Gras, A., Guisasola, G. y Salinas, J. (2001). La enseñanza de la energía en la educación secundaria. Un análisis crítico. *Revista de Enseñanza de la Física*, 14(1), 45-60. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/15998>
- Domènech-Casal, J. (2018). Comprender, Decidir y Actuar: una propuesta de marco para la Competencia Científica para la Ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15 (1), 1105. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1105
- Driver, R. y Warrington, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*, 20, 171-176. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/20/4/308>
- Duit, R. (1987). Should energy be introduced as something quasi-material? *International Journal of Science Education*, 9, 139-145. <https://doi.org/10.1080/0950069870090202>

- European Chemical Society. (2019). *Els 90 elements presents a la natura que ho constitueixen tot*. <https://www.euchem.s.eu/wp-content/uploads/2018/10/CATALAN-Periodic-Table-Element-Scarcity.pdf>
- García-Carmona, A. (2006). Una propuesta de situaciones problemáticas en la enseñanza del principio de conservación de la energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 496-506. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3853>
- García-Carmona, A. y Criado, A. (2013) Enseñanza de la energía en la etapa 6-12 años: un planteamiento desde el ámbito curricular de las máquinas. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 87-102. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/285796>
- González, F. (2000). Ciudadanos y consumidores. La energía en la sociedad de consumo. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 24, 9-17.
- Gil, D. y Vilches, A. (2006). Educación científica y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53. <https://rieoei.org/historico/documentos/rie42a02.pdf>
- Harlen, W. (2010). *Principios y grandes ideas de la educación científica*. Ashford Colour Press Ltd.
- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>
- López-Simó, V., Ferrer, D. y Couso, D. (2019). *L'ensenyament sobre Energia a Catalunya. Estat actual, necessitats detectades i reptes de futur*. Institut Català de l'Energia. http://icaen.gencat.cat/ca/detalls/publicacio/20200124_pub_EnsenyamentSobreEnergia
- Mans, C. (2008). *La vaca esfèrica*. Rubes Editorial.
- Membiola, P. y Padilla, Y. (2005). *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo XXI*. Educación Editora.
- Núñez, G., Maturano, C., Mazzitelli, C. y Pereira, R. (2005) ¿Por qué persisten las dificultades en el aprendizaje del concepto de energía? *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 18, 105-120. <https://roderic.uv.es/handle/10550/29811>
- OCU (2021). *Cómo descifrar la factura de la luz*. <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/consejos/como-descifrar-la-factura-de-la-luz>
- Ogborn, J. (1986). Energy and fuel - the meaning of the 'go' of things. *School Science Review*, 68(242), 30-35.
- Ortiz, J., Torell, M. y Salom, J. (2019). *Prospectiva energètica de Catalunya a l'horitzó 2050: Sistemes eficients de gestió i transformació de l'energia*. Institut Català d'Energia. http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/08_guies_informes_estudis/informes_i_estudis/arxiu/20191119-Sistemes-de-gestio-eficientsIREC.pdf
- Osborne, J. y Archer, L. (2020). *PISA 2024 Strategic Vision and Direction for Science. Report from the Strategic Visioning Expert Group*. OCDE. <https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA-2024-Science-Strategic-Vision-Proposals.pdf>
- Pérez, M., Marbà, A. y Izquierdo, M. (2016). ¿Cómo se conceptualiza la energía en las unidades didácticas de biología? *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 73-90. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/306637>
- Pérez-Landazábal, M. C. y Varela-Nieto, M. P. (2006). Una propuesta para desarrollar en el alumno de secundaria una visión unificada de la física a partir de la energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 237-250. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92030206.pdf>
- Pozo, J. I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 7, 1-5.
- Riba, C. (2011). *Recursos energètics i crisi: la fi de 200 anys irrepitibles*. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/12972>
- Sanmartí, N. (2020). *Evaluar y aprender: un único proceso*. Ediciones Octaedro.
- Sans, R. y Pulla, E. (2014). *El col·lapse és evitable: La transició energètica del segle XXI (TE21)*. Ediciones Octaedro.

- Solbes, J. y Tarín, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 387-398. <https://raco.cat/index.php/ensenanza/article/view/21544>
- Soto, M., Couso, D. y López, V. (2019). Una propuesta de enseñanza-aprendizaje centrada en el análisis del camino de la energía "paso a paso". *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 1202. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1202
- Taibo, C. (2020). *Colapso: capitalismo terminal, transición ecosocial, ecofascismo*. Los Libros de la Catarata.
- Trumper, R. (1993). Children's energy concepts: a cross-age study. *International Journal of Science Education*, 15(2) 139-148. <https://doi.org/10.1080/0950069930150203>
- UNESCO (2017). *Education for Sustainable Development Goals - Learning Objectives*. <https://www.sdg4education2030.org/education-sustainable-development-goals-learning-objectives-unesco-2017>
- Vilches, A. y Gil, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Cambridge University Press
- Villar, D. (2021). Los retos de la transición energética. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 105, 47-55.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Para citar este artículo: López-Simó, V. y Couso, D. (2022) Un currículo operativo con 10 ideas clave sobre energía para construir a lo largo de la escolaridad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 19(3), 3501. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3501