

Promoción de la cultura científica en la escuela: investigaciones con enzimas

Promoting scientific culture in school: investigations with enzymes

MSc. José Manuel Carmo

Profesor Coordinador. Escuela Superior de Educación y comunicación, Universidade de Algarve,
Faro, Portugal, e-mail: jmbcarmo@gmail.com

Recibido: 26 de septiembre de 2019

Aprobado: 28 de noviembre de 2019

RESUMEN *Como parte integrante del sistema científico-tecnológico, la educación en ciencia tendrá que comunicar la actividad actual de los científicos y ser científicamente válida; promover la cultura científica entendida como el desarrollo de una visión personal, de una práctica de ciencia y tecnología más justa social y ambientalmente sostenible y de un conjunto de valores personales subyacentes; el desarrollo de competencias para intervenir efectivamente y constituirse en voz alternativa y, además, susceptible de promover el deseo de “saber sobre ciencia”. Una promoción eficaz de la cultura científica demanda un “abordaje contextual” y un modelo didáctico centrado en la investigación e indagación sobre situaciones y necesidades concretas de una comunidad local. El artículo describe dos experiencias de desarrollo de propuesta educativas en torno a la actividad de las enzimas, a partir de la colaboración entre dos estructuras de la ciencia: un grupo de investigación en biotecnología y un centro para la divulgación de la ciencia en el marco de programas de postgrado en educación y en ciencia.*

Palabras clave *cultura científica; enseñanza por investigación; enzimas en la escuela; ciencia y cultura.*

ABSTRACT *As an in-built part of the science and technology system, education in science must communicate the real activity of scientists and be scientifically valid; promote scientific culture, understood as the development of a personal view of a more just and socially sustainable scientific and technological practice, together with its underlying set of values; develop competencies for intervening effectively and to assume alternative voice, but also to promote the desire to “know about science”. An effective promotion of scientific culture demands a “contextual approach” and a didactic model centred in research and inquiry over concrete situations and needs of a local community. The work describes two experiences of development of educational proposals around the activity of enzymes, from the collaboration between two Science structures: a research group in Biotechnology and a centre for science divulgation, within the framework of post grade programmes in education and in science.*

Keywords *scientific culture; enquiry teaching; enzymes in school; science and culture.*

INTRODUCCIÓN

La cultura científica es parte integrante del edificio científico-tecnológico. La aceleración de la Revolución Industrial a finales del siglo XIX ha exigido, en paralelo, el desarrollo de estructuras propias de la ciencia orientadas a la difusión del conocimiento científico y tecnológico, para todas las edades y a lo largo de la vida, inaugurando el concepto de “Centro de Ciencia” (Carmo,

2015a). Además, esta época ha exigido introducir la ciencia en la escuela, no solo por la modernidad que las ciencias representaban para ello, sino para responder a las nuevas necesidades de la producción. Desde la Exposición Universal de Londres, en 1851, las grandes exposiciones de la ciencia y de la técnica han dedicado gran atención a la modernidad en la educación, por la divulgación de las nuevas pedagogías, presentados nuevos materiales escolares y los métodos para su utilización.



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0), que permite su uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el trabajo original se cite de la manera adecuada.

Las exposiciones mundiales divulgan “*urbi et orbi*” la nueva luz en la educación que iluminaría las mentes de la humanidad, cual metáfora de la luz eléctrica que iluminaría a los hombres y que ha inspirado Martí (Centro de Estudios Martianos, 2014).

DESARROLLO

Ciencia, tecnología e innovación son procesos sociales por lo que además de los aspectos que le son intrínsecos, hay que considerar con igual importancia la comunicación popular de la ciencia, entendida como información asequible al pueblo, potenciador del diálogo, de saberes y de su participación en el desenvolvimiento científico (Nuñez Jover, Figaredo Curiel y Blanco Godínez, 2013; Delgado Díaz, 2013).

El desarrollo económico y social está íntimamente vinculado al proceso de apropiación social del conocimiento, que supone no solo competencias de investigación, sino también la educación del conjunto de la población a lo largo de la vida, lo que contribuye a la democratización del conocimiento y favorece el despliegue de una sociedad del aprendizaje. En el concepto de desarrollo del potencial de investigación científica y tecnológica visto como “gestión del conocimiento”, se incluye también la asimilación del método de pensamiento científico y de la capacidad de interpretación y asimilación social de la ciencia, como un componente de la cultura (Lage Dávila, 2013).

No es una “flor en la solapa” el desarrollo del sistema científico y tecnológico, exige un componente estructural de promoción de la cultura científica y para eso desarrolla sus propios dispositivos (Delicado, 2006; Carmo, 2015): ferias de ciencia, centros de ciencia y museos, que contribuyen con conocimiento y metodología a que la educación formal en la escuela sea científicamente válida y traduzca la ciencia que efectivamente se hace.

Cultura científica

¿Qué contará para que una persona pueda ser considerada culta en ciencias, del mismo modo que pudiéramos considerar una otra culta por saber literatura o música? ¿Qué podrá valer como cultura científica?

Más allá de las diferencias de designaciones y entendimientos en las varias dimensiones del concepto de cultura científica Carmo (2017a) sugiere que el contenido de la cultura científica deberá integrar tres diferentes dimensiones:

- Ciencia: los contenidos y los procesos de la ciencia y su naturaleza, así como el papel de la ciencia en la sociedad.
- Individuo: promover el desarrollo psicológico y el entrenamiento de procesos de pensamiento, contribuir al desarrollo de actitudes y valores, desarrollar competencias para aprender a aprender y actualizarse en cualquier momento, así como, desarrollar una adecuada relación con la tecnología y la ciencia de modo que pueda usarlas en la mejora de la vida y vivir saludablemente.
- Sociedad: comprender las implicaciones de las soluciones alternativas y el potencial de la ciencia en la resolución de los problemas, conocer cómo la ciencia permea un enorme número de profesiones y como la competencia profesional depende de una continua apertura a la innovación y a la formación y desarrollar competencias de intervención y participación social.

Hodson (2008) propone una jerarquía de niveles de cultura científica que la educación en ciencias deberá lograr:

- Nivel 1: constatar el impacto social de los cambios, determinados por la ciencia y tecnología, reconociendo que la ciencia y la tecnología son determinadas culturalmente. Los alumnos deben reconocer el impacto social y ambiental de la ciencia y tecnología.
- Nivel 2: reconocer que las decisiones acerca del desarrollo de la ciencia y tecnología son tomadas en función de intereses y que los beneficios obtenidos por unos pueden serlo para otros. Reconocer que los adelantos de la ciencia y tecnología están relacionados con la distribución de la riqueza y poder. Los alumnos son sensibilizados para la naturaleza sociopolítica de las prácticas de la ciencia y tecnología.
- Nivel 3: desarrollar visiones personales y definir un conjunto de valores personales subyacentes. Los alumnos deben trabajar por una práctica de la ciencia y la tecnología más justa social y ambientalmente sostenible.
- Nivel 4: reparar y desarrollar acciones. Adquirir los conocimientos y las competencias para intervenir efectivamente en el proceso de toma de decisión y constituirse en voz alternativa con sus propios valores e intereses.

Es necesario referir, además, la formulación de Shen (1975) que distingue tres tipos de conocimiento en la cultura científica:

- Práctico: útil para aspectos de lo cotidiano, relacionados con las necesidades básicas como alimentación o salud, implicando con los estilos de vida.
- Cívico: que permite al ciudadano actuar políticamente.
- Cultural: el deseo de “saber sobre ciencia”, por el sencillo placer de disfrutar la belleza del conocimiento, aunque no resuelva ningún problema práctico. Se destaca en esta formulación el componente “cultural”; al final lo que tendrá permitido a Álvaro de Campos, ingeniero y poeta, escribir:

El binomio de Newton es tan bello como la Venus de Milo.

Lo que hay es poca gente que se entere.

óóó---óóóóó óóó---óóóóóó óóóóóóó

(El viento afuera)

La cultura científica como un emprendimiento colectivo compartido

Los resultados de un gran número de estudios sobre comunicación y comprensión pública de la ciencia revelan que, en contraste con un elevado interés público por la ciencia, se constata un nivel bajo de cultura científica (Miller, 2001). Sus conclusiones generales convergen en la necesidad de adopción de un modelo de “abordaje contextual” (Ziman, 1992; Miller, 2001). Las personas adquieren la información que consideran necesario para circunstancias específicas que les son personales como trabajo o salud. Esto es, un modelo en que el aprendizaje no depende de la cualidad del individuo, sino de una elección racional en función de la percepción de una necesidad, de una utilidad, e incide en un contexto histórico-cultural (Ziman, 1992; Gregory, 2000). Ziman (1992) destaca que en la comunicación pública de la ciencia hay que tener en cuenta el contexto social en que ocurre, además, Irwin y Wynne (1996) la perciben como una comprensión de la ciencia en acción. El concepto de promoción de la cultura científica se reorienta, de una visión tecnicista de esparcir a los vientos la cultura científica didácticamente bien preparada sobre un sustrato, ignorante pero ávido, en dirección a un modelo centrado en las necesidades concretas de formación de las organizaciones que componen una comunidad local en que los divulgadores se asumen mediadores entre la ciencia

y las necesidades de saber. Esta es una perspectiva de “cultura científica útil” (*Useful scientific literacy*) defendida por Feinstein (2011) y que coincide con la perspectiva de cultura científica práctica de Shen (1975).

Tradicionalmente la cultura se obtiene en la escuela, pero actualmente la cultura científica y técnica está de tal modo repartida en la comunidad que se encuentra por todos lados un conocimiento más actual e útil. La escuela que responde a los retos de la actualidad procura integrar en su práctica curricular las contribuciones que la comunidad le brinda, como fruta madura en el árbol: la ciencia presente en las actividades productivas y en el medio envolvente; la ciencia por la voz de los ciudadanos, como médicos, ingenieros, agricultores y artesanos. Sin embargo, la escuela no puede hacer todo sola; los dispositivos de la ciencia para la promoción de la cultura científica tendrán que mediar la articulación e integración de la educación, formal o no formal, con otras entidades relacionadas con la ciencia y tecnología existentes en la comunidad. Lo que podrá definir el grado de cultura científica de una comunidad es el grado en que las instituciones de la comunidad son científicamente cultas, esto es, en qué medida las industrias, empresas de comercio y servicios, instituciones sociales, los órganos y estructuras de gobierno integran el conocimiento en su funcionamiento, como postula la Royal Society (PUS, 1985; Layton, Davey y Jenkins, 1986). La comunidad culta científicamente trae el conocimiento hacia el centro de la vida colectiva por la mediación de los comunicadores en ciencia (Carmo, 2015b).

Didáctica de la promoción de la cultura científica

La comprensión de la ciencia depende del aprendizaje que cada individuo va construyendo a lo largo de su vida por intermedio de las diferentes oportunidades de aprendizaje que se le brindan. Esas oportunidades, formales o informales, que buscan promover la cultura científica y el incremento del conocimiento y comprensión pública de la ciencia, al final corresponden a lo que se suele llamar “enseñanza”. Los procedimientos para la transferencia de conocimientos y la teoría que los soporta se designan corrientemente metodología y didáctica. Como las demás ciencias, la didáctica ha evolucionado tremendamente durante el siglo xx.

Desde una perspectiva más empirista de aprendizaje por “descubrimiento”, en la década de los años sesenta, se ha transitado hasta la adopción generalizada de perspectivas socio constructivista con el aprendizaje por “cambio conceptual”, y posteriormente con el desarrollo de una perspectiva de aprendizaje por indagación, por investigación o pesquisa, con la inclusión de los que aportes del movimiento ciencia-tecnología-sociedad (Carmo, 2017b).

El proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias se puede caracterizar resumidamente por:

- Tener como propósito primordial la comprensión de la ciencia, la tecnología y sus relaciones y cómo influyen en la sociedad y cómo el conocimiento social se repercute en la ciencia y tecnología.
- Enfocarse en situaciones educativas socialmente justificadas y considerar los contenidos del conocimiento como un todo complejo, determinado por el contexto, y estructurado conceptualmente con el fin de darle sentido y respuesta, por medio de un diálogo entre conocimientos socialmente diversos.
- Exigir la contribución interdisciplinaria de las ciencias y otras áreas de conocimiento de modo que promueva una visión

explícitamente integrada en la comprensión global del contexto y de los temas y, además, impulsar el desarrollo personal y social de los estudiantes.

El punto de partida han de ser situaciones de la comunidad próxima de la escuela y del entorno con raíces o incidencias sociales fuertes, en los cuales se puedan insertar los temas curriculares, que problematizados despierten la atención de los alumnos, proporcionen ejercicios de pesquisa intragrupal e intergrupala y su involucramiento en situaciones problemáticas reales y abiertas que permitan reflexionar sobre los procesos de la ciencia y de la tecnología, así como sobre sus interrelaciones con la sociedad y el ambiente, sin respuestas prontas y previas, sino caminando hacia soluciones meramente provisoria y valorando la integración de contenidos interdisciplinarios y transdisciplinarios, cultural e educacionalmente relevantes. Se apela al pluralismo metodológico multidisciplinar y a procesos más abiertos y diferenciados que no consideran solo contextos académicos y no se confinan al espacio de la clase y de la escuela, para proporcionar a los alumnos la integración personal de conceptos y el análisis de sus propios métodos de trabajo, que evidencien la adquisición de competencias útiles en el futuro para construir un conocimiento más global.

El nuevo conocimiento resulta como una reelaboración del pensamiento e integración de conocimientos procedentes de fuentes diversas en un proceso orientado de confrontación, negociación y ajuste hacia la construcción de significados de progresiva complejidad en dirección a la “hipótesis de progresión deseable”. Los contenidos son conceptos complejos que se organizan en torno de problemas relevantes para el contexto escolar, pero que, en esencia, se entienden como instrumentales en esa comprensión.

En tal orientación de la enseñanza de las ciencias gana un papel relevante la cognición afectiva, emocional y social, en detrimento de lo racional, contribuyendo a una visión compleja del conocimiento científico y tecnológico. En conformidad la formulación de los conceptos no está previamente establecida, sino que se considera diferentes niveles en relación con las necesidades de comprensión de la situación o problema en estudio. El currículo escolar es un punto de llegada, flexible, abierto y poco previsible en que las actividades de síntesis, suelen ser elementos esenciales que revelan *post factum* el currículo real y el nivel de consecución. La educación científica adquiere el sentido de un componente de una educación para la ciudadanía.

En esta perspectiva, el contenido del conocimiento profesional del profesor incluye más que un listado de conceptos específicos de su área de formación, una visión de la ciencia, del mundo y del hombre. Los objetos de estudio que enfrentará estarán en el campo de la sociología y la ética y no solo en el estricto dominio académico de su especialidad. El profesor coordina un proceso de aprendizaje cooperativo, no solo basado en la interacción social entre pares, sino que también requiere la interacción con los diferentes actores en la comunidad, articulando el conocimiento técnico y el conocimiento popular con el conocimiento escolar. El profesor se asume como investigador en la elaboración del currículo y en la valoración crítica de su propia práctica (Stenhouse, 1971; Elliot, 2005).

En ruptura con una concepción positivista de la ciencia que coloca el énfasis en la transmisión de los productos de la ciencia y la tecnología, a través de un listado de contenidos considerados esenciales, absolutos e inequívocos, en esta perspectiva se

considera una ciencia escolar que promueva la alfabetización científica y la escuela un foro vivo para el diálogo liberador y no para la conformidad social y la competencia entre los individuos y las sociedades. En esta perspectiva, las propuestas curriculares se centran en cuestiones que emergen de los intereses y controversias humanas, por un proceso de desarrollo curricular al nivel de la clase, resultado de la investigación compartida entre docentes de diferentes disciplinas, alumnos e investigadores, simultáneamente sobre el contenido de la educación y sobre las prácticas de enseñanza.

Teniendo en cuenta los fundamentos teóricos analizados se plantean los resultados de esta investigación, que constituye una experiencia de desarrollo de recursos educacionales, propuestas de secuencias de enseñanza elaboradas de modo intencional desde la investigación científico-tecnológica en curso, para la enseñanza en los niveles secundario y preuniversitario. Esta investigación se desarrolló como parte de una formación simultáneamente científica y didáctica, considerando la comunicación social de la ciencia parte integrante de la formación científica y, al revés, que un profesor de ciencia debe tener en su formación una dimensión de investigación científica.

En uno de los casos la formación posgraduada es científico-tecnológica en el área de la biotecnología y en otro es una maestría enfocada en la formación docente. Ambos casos están enmarcados por el apoyo de un centro de promoción de cultura científica (Centro Ciencia Viva de Tavira) y por un grupo de investigación en biotecnología de la Facultad de Ingeniería de los Recursos Naturales de la Universidad de Algarve, orientados por expertos de ambas en los dominios pedagógico y científico.

Primer caso

Margarida Vieira es graduada en Ingeniería Biológica, pero por el momento trabaja como becaria en un Centro de Divulgación de la Cultura Científica. En una maestría en Ingeniería Biológica, su tesis se enfoca en la producción de enzimas celulósicas, usa residuos industriales e implica la producción de biocombustibles. Sus objetivos son producir un hongo productor de enzimas celulósicas en sistema *batch*, usando medios de crecimiento inductores de enzimas y evaluar la capacidad de las enzimas en la conversión en azúcares simples de la celulosa, hemicelulosa y leñocelulosa presentes en diferentes sustratos, optimizando el rendimiento global del proceso de obtención de la fuente de carbono necesaria a la producción de biocombustibles. Sin embargo, por su trabajo concreto en la promoción de la cultura y el interés de su entidad empleadora, un centro de ciencia, se acordó incluir una vertiente de divulgación de la investigación para el público y las escuelas, lo que demostró que la investigación en biotecnología que ocurre actualmente en un laboratorio puede contribuir a una cultura científica adecuada a los visitantes de un centro de ciencia, así como a las escuelas por su relevancia curricular.

El módulo didáctico desarrollado intitulado *Celulasas: enzimas en acción* (Vieira, 2010) incluye:

- Primer momento: una presentación sobre hongos con el apoyo de un PowerPoint. Un boletín informativo con el mismo contenido para leer en casa;
- Segundo momento: la investigación en clase se enfoca en la optimización del proceso de acción de la enzima celulasa en sustratos de uso corriente como papel y algodón, en diferentes condiciones de tiempo y temperatura de incubación, por la cuantificación de la glucosa producida o por la pérdida

de peso de sustrato. En esta actividad los estudiantes se confrontan con una serie de tomadas de decisión típicas de un proceso experimental:

- Identificar las variables experimental y dependiente.
- Identificar las variables intervinientes.
- Discutir la influencia de posibles variables intervinientes: temperatura: 40 °C, 50 °C, 60 °C o 70 °C; tiempo: 1 hora y 2 horas; con y sin agitación; concentración de la solución enzimática y pH.
- Seleccionar la variable experimental y definir las constantes.
- Definir la variable dependiente (peso del sustrato o glucosa producida).
- Diseñar un plan de acción o protocolo experimental.
- Tercer momento: pesquisa por los alumnos de información sobre la acción de la enzima y sobre la celulosa y los azúcares resultantes.
- Cuarto momento: exposición-información sobre enzimas y su modo de acción, con apoyo de un PowerPoint, implicando los alumnos en el diálogo, integrando las contribuciones de sus lecturas.
- Quinto momento: lectura de un boletín informativo y debate sobre las aplicaciones industriales de los enzimas, explorando con los estudiantes las implicaciones y potencialidades.

No obstante la autora proponga la utilización de “tiritas para pruebas de glucosa” (DIABUR-TEST 5000), en preuniversitario se pueden introducir métodos analíticos sencillos.

Segundo caso

Rosa Palma es profesora de Biología en el nivel secundario y preuniversitario, pero la Facultad exige que la maestría en Biología y Geología, especialización en la enseñanza que tenga un componente significativo de investigación científico-tecnológica, teniendo en cuenta su importancia en la formación de un profesor de ciencias.

Además de estudiar la actividad de las enzimas de *Cynara cardunculus* y *Pseudomonas cepacia* en el marco de un grupo de investigación en biotecnología, desarrolla una propuesta didáctica. En este trabajo explora la transferencia de metodologías de investigación biotecnológica en enzimas naturales en la producción de queso y en el tratamiento de efluentes para el desarrollo de metodologías investigativas de naturaleza experimental para la enseñanza de las ciencias en secundario y, como en la experiencia anterior, abordando la interface ciencia-tecnología- sociedad-ambiente.

El módulo educacional designado *Biotecnología viva: enzimas en acción en la producción de queso* (Palma, 2007) incluye:

- Primer momento: posteriormente al estudio de la digestión se plantea una cuestión “¿Qué le ocurrirá a la leche durante la digestión?” a lo que se sigue:
 - Reflexión en equipo.
 - Lectura de un texto sobre la composición de la leche y los cambios que sufre durante la digestión.
 - Una hoja-guía de la lectura y registro de las informaciones pertinentes para la conceptualización.
 - Utilización de la técnica “V de Gowin”.
- Segundo momento: se plantea una cuestión “¿Qué pasa con la leche en su transformación en queso?”:

- Primero los estudiantes expresan sus conocimientos: *¿Qué sabes?*
- Después, se presenta un video mostrando la producción artesanal de queso con la utilización de la flor del cardo (*Cynara cardunculus*, alcachofa, alcaucil).
- Comparan las informaciones recogidas del video con sus conocimientos anteriores con la técnica “V de Gowin”: *¿Qué se ha aprendido con el video?*
- El profesor sistematiza por la analogía con la digestión de la leche, con el apoyo de un PowerPoint.
- Tercer momento: cada equipo recibe un protocolo orienta la actividad “Producción de queso” con un procedimiento próximo al tradicional enseñado en el video. Para leer se distribuye un volante sobre enzimas.
- Cuarto momento: “¿Qué influencia tendrán factores como pH y la temperatura en la actividad de la enzima?”: identifican factores, hacen previsiones. Cada equipo elegirá un factor, formula una hipótesis y un plan para comprobarla. La hoja guía incluye un rúter para la exploración experimental, integrando la definición de la variable independiente y sus valores, el control de las restantes variables intervinientes y la definición operacional de la variable dependiente, el tiempo de cuajada, teniendo en vista la comparación de resultados.
- Quinto momento: los estudiantes aprenden la técnica de producción de esferas de alginato, cuyo sentido práctico será comprendido posteriormente. La motivación viene por su belleza procesual.
- Sexto momento: producción continua de queso. El profesor presenta la idea general de usar esferas de alginato en una columna para la producción continua de queso. Los grupos buscan a como planear un procedimiento integrando los aprendizajes anteriores. Debate colectivo de un procedimiento que se comprobará.
- Séptimo momento: una situación problema a la cual los estudiantes tendrán que buscar respuesta en una lógica de aprendizaje basada en problemas. *Determinada industria produce efluentes de agua con demasiada grasa. ¿Qué tratamiento se podría sugerir a los dueños de la industria?*

Las dos propuestas responden a las necesidades de la educación en ciencia, al permitir proporcionar a los estudiantes:

- Aprender en un ambiente socio-constructivista, centrado en la actividad del aprendiz y la elaboración personal del conocimiento en un contexto social.
- Desarrollar sus competencias investigativas en el contexto de técnicas biotecnológicas sencillas.
- Contactar con diferentes modos de enseñanza y estilos de comunicación, articulando información transmitida y pesqui-sada, con la interpretación de resultados de su propia investigación.
- Contactar con diferentes técnicas para estructurar el conocimiento.
- Trabajar en equipo y la elaboración colectiva de pensamiento.
- Aplicar conocimientos adquiridos y descubrir otras formas de aplicación de los enzimas.
- Contactar con la ciencia efectivamente producida.
- Utilizar lenguaje científico y articular conocimiento popular y científico.
- Abordar aspectos con implicación en sustentabilidad ambiental.

- Abordar contenidos y procesos básicos para una comprensión de la ciencia y de la biotecnología, adecuadas a las expectativas curriculares, ajustados a la demanda curricular: hongos, sus características y nichos ecológicos; las enzimas, su modo de acción, su origen natural y como se producen; sus utilidades en las industrias; celulasa, proteasa y lipasa; celulosa y glucosa; proteínas; hidrólisis.

CONCLUSIONES

En ambos casos se articulan contenidos de Biología y Química y se implementa la lectura y la búsqueda de información relevante. Las propuestas ofrecen material de comunicación para la exposición del profesor, de modo a facilitar el debate en grupo-clase. Desde el punto de vista metodológico-didáctico las propuestas se ubican en un marco general de aprendizaje por investigación. Las propuestas cumplen criterios de una enseñanza de naturaleza ciencia-tecnología- sociedad. Sin embargo, no permiten implicar directamente los estudiantes en acciones concretas sobre su medio envolvente como una estrategia de tipo ciencia-tecnología- sociedad debería mejorar, no cumpliendo el nivel 4 de Hodson a que se ha hecho referencia (Hodson, 2008). Importa subrayar que las propuestas se desarrollaran en un marco de colaboración entre estructuras del edificio científico-tecnológico, un grupo de investigación en biotecnología y un centro de promoción pública de cultura científica, en el marco de dos distintos programas de formación posgraduada (maestría): una maestría científico-tecnológica y otra una maestría orientada para la formación docente, que en ambos casos consideran en simultaneo las dimensiones ciencia y divulgación de la ciencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carmo, J. M. (2015a). La necesidad de promoción de la cultura científica como componente del desarrollo del sistema científico-técnico. *Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 5(2).
- Carmo, J. M. (2015b). Evolución de la función social de los museos y centros de divulgación de cultura científica. *SAVIA, Revista digital del Museo Nacional de Historia Natural de Cuba*, V(49), 2-4.
- Carmo, J. M. (2017a). Desenvolvimento de um modelo de análise das perspectivas da Ciência, do Indivíduo e da Sociedade no Ensino das Ciências. *Revista Eletrônica Educare*, 21(1), 1-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.21-1.16>
- Carmo, J. M. (2017b). Perspectivas en la enseñanza de las ciencias. Un cuadro de análisis. *VARONA, Revista Científico-Metodológica*, 64.
- Centro de Estudios Martianos (2014). *Martí. La última página. La Edad De Oro* No. 4, La Habana: Autor, p. 174.
- Delgado Díaz, C. J. (2013). Ciencia, tecnología y ciudadanía: cambios fundamentales y desafíos éticos. *Revista Universidad de la Habana*, 276, 34-47.
- Delicado, A. (2006). Os Museus e a promoção da cultura científica em Portugal. *Sociologia, Problemas e Práticas*. 51, 53-72.
- Elliot, J. (2005). El desarrollo de hipótesis sobre las aulas a partir de los constructos prácticos de los profesores: informe sobre el trabajo del Ford Teaching Project. In: Elliot, J. *La Investigación-acción en Educación*. 5ta ed. Madrid: Ediciones Morata.
- Feinstein, N. (2011). Salvaging science literacy. *Science Education* 95(1), 168-185, DOI: 10.1002/sce.20414.
- Gregory, J. (2001). Public understanding of science: lessons from the UK experience. *Sci Dev Net*. Disponible en: <http://www.scidev.net/global/communication/feature/public-understanding-of-science-lessons-from-the.html>
- Hodson, D. (2008). *Towards Scientific Literacy. A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociology of Science*. Rotterdam: SENSE Publishers.

- Irwin, A. y Wynne, B. (1996). *Misunderstanding Science. The public reconstruction of science and technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lage Dávila, A. (2013). Las funciones de la ciencia en el modelo económico cubano: intuiciones a partir del crecimiento de la industria biotecnológica. *Revista Universidad de la Habana*, 276, 59-81.
- Layton, D., Davey, A. y Jenkins, E. (1986). Science for Specific Social Purposes (SSSP): Perspectives on Adult Scientific Literacy. *Studies in Science Education*, 13(1), 27-52.
- Miller, S. (2001). Public understanding of science at the crossroads. *Public Understanding of Science*, 10, 115. Disponible en: <http://pus.sagepub.com/cgi/content/abstract/10/1/115>
- Núñez Jover, J., Figaredo Curiel, F. y Blanco Godinez, F. (2013). La función social de la ciencia: el papel de la universidad. *Revista Universidad de la Habana*, 276, 8-14.
- Palma, R.C. (2007). A Biotecnologia no ensino das ciências do 3º ciclo - Desenvolvimento de experiências didáticas utilizando a ação de biocatalizadores imobilizados. Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Biologia e Geologia, especialização em ensino. Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente, Universidade do Algarve, Faro, Portugal.
- PUS (1985). *The public understanding of science*. London: the Royal Society, pp. 1-41. Disponible en: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/1985/10700.pdf
- Shen, B. S. (1975). Science literacy. *American Scientist*, 63(3), 265-268.
- Stenhouse, L. (1971). The Humanities Curriculum Project: The rationale. *Theory Into Practice*, 10(3), 154-162.
- Vieira, M. (2010). Produção de enzimas celulósicas, usando resíduos industriais e seu uso como biocatalisador na produção de biocombustíveis. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biológica. Faculdade de Engenharia de Recursos Naturais, Universidade do Algarve, Faro, Portugal.
- Ziman, J. (1992). Not knowing, needing to know, and wanting to know. In: Lewenstein, B. *When Science Meets the Public*. Washington D.C.: Committee on Public Understanding of Science and Technology, American Association for Advancement of Science-AAAS, pp. 13-20.

Declaración de conflicto de interés y conflictos éticos

El autor declara que este manuscrito es original, no contiene elementos clasificados ni restringidos para su divulgación ni para la institución en la que se realizó y no han sido publicados con anterioridad, ni están siendo sometidos a la valoración de otra editorial.

El autor es la responsables del contenido recogido en el artículo y en él no existen plagios, conflictos de interés ni éticos.