

Percepciones y actitudes sobre la energía sostenible en alumnos de Educación Secundaria y propuesta de actividades

Rubén García Fernández¹; Alberto García Mozo¹; Juan Peña Martínez¹; Alberto Muñoz Muñoz¹

Recibido: 26 de mayo del 2016/ Enviado a evaluar: 6 de junio del 2016/ Aceptado: 18 de julio del 2017

Resumen. En el presente trabajo se han estudiado las percepciones y actitudes sobre la energía sostenible en un grupo de estudiantes de 2º y 4º de ESO de dos centros escolares de la Comunidad de Madrid. La herramienta para recabar la información necesaria ha consistido en un cuestionario abierto preparado a partir de la literatura. Además, con uno de los grupos se ha llevado a cabo una propuesta didáctica atractiva y dinámica basada en la columna de Winogradsky como paso previo hacia las pilas de combustible microbianas, aprovechando la declaración de 2014 como el año de la Biotecnología en España. Esta propuesta puede servir de referencia a los docentes para reforzar y extender contenidos de Física, Química y Biología en el marco de una Educación Ambiental responsable y comprometida en Educación Secundaria. Transversalmente, aunque no por eso menos importante, se ha pretendido con la propuesta aumentar el interés hacia las ciencias experimentales y despertar nuevas vocaciones científicas entre los discentes.

Palabras clave: Desarrollo sostenible; energía sostenible; educación ambiental; Educación Secundaria.

[en] Perceptions and attitudes above sustainable energy for some students of Secondary Education and activities proposal

Abstract. In this work, it has been studied the perceptions and attitudes about sustainable energy of two groups of students (2nd and 4th year of Secondary Education) of the Community of Madrid. The data-collection tool has consisted of an open questionnaire prepared based upon the literature. In addition, it has been performed an attractive and dynamic school activity based on the Winogradsky column as a previous work of the microbial fuel cells-taking into account that 2014 was declared the year of Biotechnology in Spain. This proposal may be considered a reference point for teachers who want to reinforce and extend content of Physics, Chemistry and Biology in the framework of a responsible and committed Environmental Education in Secondary Education. Transversely but not least, we have tried with this proposal to increase the interest in the experimental sciences and encourage new scientific vocations among the students.

Key words: Sustainable development; sustainable energy; environmental education and Secondary Education.

¹ Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Ciencias Sociales y Matemáticas. Facultad de Educación. Centro de Formación del Profesorado. Universidad Complutense de Madrid
E-mail: juan.pena@quim.ucm.es

[fr] Perceptions et attitudes vis-à-vis de l'énergie durable chez les élèves de l'enseignement secondaire et proposition d'activités

Résumé. Dans le présent travail, nous avons étudié les perceptions et les attitudes sur l'énergie durable dans un groupe de 2e et 4e étudiants ESO de deux écoles de la Communauté de Madrid. L'outil de collecte des informations nécessaires a consisté en un questionnaire ouvert préparé à partir de la littérature. En outre, un groupe a mené une proposition pédagogique attrayante et dynamique basée sur la colonne Winogradsky comme une étape vers les piles à combustible microbiennes, en profitant de la déclaration de 2014 comme l'année de la biotechnologie en Espagne. Cette proposition peut servir de référence pour les enseignants pour renforcer et élargir contenus de la physique, la chimie et la biologie dans le cadre d'un responsable et engagé l'éducation environnementale dans l'enseignement secondaire. Transversalement, mais non des moindres, la proposition vise à accroître l'intérêt pour les sciences expérimentales et à susciter de nouvelles vocations scientifiques parmi les étudiants.

Mots-clés: Développement durable; énergie durable; éducation à l'environnement; Education Secondaire.

Cómo citar. García Fernández, A., García Mozo, A., Peña Martínez, J. y Muñoz Muñoz, A. (2017): Percepciones y actitudes sobre la energía sostenible en alumnos de Educación Secundaria y propuesta de actividades. *M+A Revista Electrónica de Medioambiente*, 18(2), 79-97.

Sumario. 1. Introducción. 2. Objetivos. 3. Metodología. 3.1. Caracterización de la muestra de estudio. 3.2. Diseño experimental. 3. Análisis de datos. 4. Resultados. 4.1. Actividades de los alumnos fuera del horario escolar. 4.2. Comprensión de los conceptos. 4.2.1. Concepto de energía sostenible. 4.2.2. ¿Problemas con la energía? 4.2.3. ¿Por qué existen problemas con la energía? 4.2.4. ¿Hay alguna solución al problema energético? 4.3. Actividades relacionadas con la energía sostenible. 5. Propuestas de actividades. 5.1. La propuesta didáctica. 6. Conclusiones. 7. Referencias bibliográficas

1. Introducción

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó en el año 2000 la Declaración del Milenio, estableciendo unos objetivos clave, conocidos como los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Uno de ellos, el séptimo, era garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. Para el seguimiento del cumplimiento de cada objetivo, se dispusieron varias metas para cada uno de ellos, por ejemplo, para el séptimo objetivo habría que incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales, reducir la pérdida de diversidad biológica en 2010, reducir a la mitad la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable para el 2015, etc.

Además, se han realizado varias cumbres mundiales y reuniones de alto nivel al objeto de evaluar el progreso de los objetivos. Paralelamente, la UNESCO coordinaba el Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005- 2014), con la intención de movilizar los recursos educativos hacia la sostenibilidad, dejando claro que la educación y el aprendizaje para el desarrollo sostenible son muy necesarios pero no suficientes de cara a lograr un futuro mejor (UNESCO, 2005).

Llegados al año 2015, vencimiento de los ODM, la ONU aprueba la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, estableciendo ahora 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas, teniendo en cuenta una perspectiva económica, social y ambiental, cuyo vencimiento será el 2030 (ONU, 2015). La nueva agenda no solamente incorpora aquellos ODM que no se han logrado, de cara a poder completarlos, sino que incluso los amplía, de tal manera que ahora el séptimo objetivo de Desarrollo Sostenible es “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”. Como afirma Ban Ki-moon (2015), una energía sostenible para todos aseguraría el acceso universal a unos servicios de energía modernos, mejoraría el rendimiento y provocaría un aumento del uso de fuentes renovables. Para ello, es necesario movilizar a gobiernos, organizaciones internacionales, la sociedad civil y el sector privado. En este sentido, la ONU ha intentado motivar a la sociedad con la declaración de los años internacionales, como el año 2012, que fue declarado como el “Año internacional de la Energía Sostenible” (ONU, 2012). Respecto a esa motivación, fuera de los ámbitos oficiales ya hay movilizaciones ciudadanas en favor de la transición a una sociedad sostenible (“Un millón por el cambio”, 2015). Trasladando este contexto de sostenibilidad presente y futura al escenario de la Educación Secundaria en España, es interesante conocer qué opinan nuestros estudiantes al respecto. La importancia de su opinión radica en que ellos mismos serán los gestores de los recursos naturales en pocos años y, por tanto, es necesario evaluar conocimientos y actitudes en la población de estudiantes. En un trabajo reciente de Sureda et al. (2012), se observó que aunque la mayoría de los alumnos de Educación Secundaria encuestados conocía el concepto de desarrollo sostenible, éstos tenían ideas confusas y sobre todo dirigidas únicamente a una dimensión ambiental. Los docentes difícilmente podemos influir en los gobiernos, organizaciones internacionales y el sector privado, empero si podemos concienciar a nuestros alumnos sobre el actual contexto de crisis ecológica y económica (Sureda et al., 2012). Por tanto, si se usa una metodología adecuada, se puede conseguir que se trasladen comportamientos y actitudes medioambientales desde la escuela a los hogares y familias de los estudiantes (Aguirre-Bielschowsky et al., 2012), tejiendo de esta manera una extensa red de ciudadanos comprometidos con el medio ambiente. Esto, sin duda, impulsaría que nuestra sociedad se mueva hacia una racionalidad medioambiental. Ahora bien, otro asunto es si las autoridades competentes han integrado adecuadamente el concepto de desarrollo sostenible en el diseño de los currículos oficiales. Aunque diversos autores (“Educadores por la sostenibilidad”, 2010) han sugerido que la educación para la sostenibilidad ha de impregnar nuestros currículos, Sureda et al. (2013) han revisado como el desarrollo sostenible era tratado en los currículum oficiales de Educación Secundaria Obligatoria en España (Decreto 1631/2006) y en la Comunidad de Madrid (Decreto 23/2007), eso sí, anteriores a la aprobación de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE). En estas leyes previas a la actual encontraron escasas referencias a la sostenibilidad, que incluso disminuían conforme aumentaba la concreción curricular y se limitaban a materias del ámbito científico-tecnológico. Algo similar con el contenido de los libros de texto de ESO analizados por Álvarez et

al. (2012) y quizás con mayor preocupación en las programaciones docentes (Sureda et al., 2012). Puede parecer contradictorio, porque en el caso de la Educación Secundaria estamos hablando de una formación que debe ser integral, donde se adquiera una base sólida en humanidades y ciencia y tecnología que permita la incorporación al mundo laboral y/o a estudios posteriores, y formarles para el ejercicio de sus derechos y obligaciones en la vida como ciudadanos (Decreto 1105/2014). Si se busca una formación integral, nuestros estudiantes tendrían que tomar conciencia del alcance y magnitud de los problemas tecnológicos, sociales, culturales y económicos sobre los recursos naturales y energéticos que la humanidad en su conjunto tiene que afrontar. Pero, ¿cómo conseguirlo? Hay autores que sugieren que los docentes debemos dar un paso al frente e integrar la sostenibilidad en nuestras programaciones y prácticas docentes.

Centrándonos en lo que podemos planificar y llevar a cabo en las aulas, primeramente, es importante analizar lo que piensan nuestros estudiantes y sobre todo explorar su actitud ante los nuevos retos medioambientales. De esta manera se podrá diseñar una estrategia adecuada de educación ambiental que, como recomienda Sureda et al. (2012), puede estar basada en una visión holística e interdisciplinar. En el caso que documentamos en este trabajo, se ha optado por una propuesta novedosa con un trasfondo tecnológico y socio-económico, pero sin olvidar una educación en valores (Martín et al., 2000). En concreto, se propone un conjunto de actividades dirigidas a las pilas de combustible microbianas (MFC, acrónimo de Microbial Fuel Cells), que son unos dispositivos que permiten obtener electricidad, incluso en áreas remotas, a partir de cultivos de plantas o simplemente gracias a la actividad microbiana de un suelo (Deng et al., 2012). Por un lado, permiten ver al alumnado que las plantas transforman la energía del sol en energía química y esta última puede a su vez transformarse en electricidad. Así, se une directamente la producción de electricidad con el proceso de fotosíntesis, proyectando una visión atractiva y motivadora de la ciencia y la tecnología, además de trabajar aspectos de desarrollo sostenible. Sin embargo, una estrategia didáctica previa a explorar las MFCs sugiere el interés de estudiar los equilibrios de las poblaciones microbianas mediante la columna de Winogradsky (IMDEA, 2014). Por otro lado, es indudable que evidenciar a los estudiantes que se puede obtener energía a través de las plantas y los microorganismos del suelo tiene una importante dimensión educativa relativa a valores y concienciación acerca de la pobreza energética, reparto de los recursos naturales, la energía sostenible, etc.

2. Objetivos

A tenor de lo descrito anteriormente, el objetivo principal del presente trabajo es explorar las actitudes y percepciones de un grupo de alumnos de Educación Secundaria sobre el concepto de energía sostenible. En función de su actitud y percepción, diseñar un conjunto de actividades, ofrecidas en asignaturas de ciencias experimentales, que durante el período escolar puedan servir de refuerzo o de

motivación para favorecer una actitud positiva y comprometida con el uso racional y conservación de los recursos naturales. En este sentido, se ha realizado a modo de experiencia piloto, unas actividades con un grupo de los alumnos encuestados para ver la viabilidad de una propuesta dinámica y atractiva.

3. Metodología

3.1. Caracterización de la muestra de estudio

El estudio se ha realizado, por una parte, con 25 alumnos de 2º de ESO del IES Infanta Elena, ubicado en Galapagar (Madrid), en las estribaciones de la sierra de Guadarrama; y por otro lado, con 26 alumnos de 4º de ESO del IES Rayuela de Móstoles, que es uno de los municipios de la Comunidad de Madrid con mayor densidad de población (Atlas estadístico, 2015). Los alumnos encuestados del IES Infanta Elena se sitúan entre los 13 y los 14 años mientras que en el caso del IES Rayuela, la muestra se compone de alumnos cuyas edades están comprendidas entre los 15 y 16 años. Es importante reseñar que el IES Infanta Elena está asociado a la iniciativa “Ecoescuelas” de la Comunidad de Madrid (Ecoescuelas, 2006), un programa iniciado en 1994 para promover la educación ambiental en los centros de Educación Infantil, Primaria y Secundaria. Por tanto, aunque la participación del alumnado en el programa es de carácter voluntario, se puede afirmar que los alumnos del IES Infanta Elena se encuentran a priori en un contexto escolar donde se fomenta el uso y cuidado del medio ambiente.

3.2. Diseño experimental

Para el estudio de las percepciones y actitudes sobre la energía sostenible de la población de alumnos a analizar, se ha utilizado un cuestionario anónimo y abierto, ver Anexo I, diseñado a partir de la literatura (Aguirre-Bielschowsky et al., 2012). En él se recoge por un lado información del alumnado, como edad, curso académico, si ha repetido algún curso, intereses en referencia a la lectura y tipos de libros que suelen leer, actividades extraescolares y aficiones. Por otro lado, el cuestionario indaga sobre el nivel de compromiso ante la problemática acerca de los recursos energéticos, causas de estos problemas y posibles soluciones, y si se aplican o no los conocimientos adquiridos sobre energías renovables y sostenibilidad tanto en acciones domésticas cotidianas como en el centro escolar. Para una mayor claridad el estudio se ha estructurado en torno a tres categorías o ejes: (1) actividades del alumno fuera del horario escolar (incluyendo el tipo transporte al colegio y del colegio a su domicilio familiar), (2) comprensión de los conceptos y (3) actividades relacionadas con la energía sostenible.

3.3. Análisis de datos

De la primera parte del cuestionario, dedicada a las actividades del alumno fuera del centro escolar, en concreto de la pregunta número 3 a la número 12, se ha asignado un valor numérico, 0 ó 1, a la respuesta del alumno, de tal manera que se ha considerado un 1 cuando el alumno no es repetidor, ha cambiado de residencia alguna vez, recibe o ha recibido ayuda de sus padres o hermanos en sus tareas escolares para casa, si alguno de sus padres tiene un título universitario, si lee a menudo o a veces libros y periódicos, si realiza actividades extraescolares como practicar deportes, clases de música, danza o idiomas durante la semana y los fines de semana, si va andando o en un autobús escolar a su centro escolar y si apaga la luz de su habitación cuando sale de ella.

Para la segunda parte del cuestionario, dedicada a la comprensión de los conceptos, pregunta número 13 a 17, se ha puntuado como 0, 1 ó 2. Las preguntas número 18 y 19 se han formulado con la intención de controlar la coherencia de las respuestas en general. La máxima puntuación se ha considerado si el alumno respondía que la energía sostenible está relacionada con un uso racional y responsable de la energía, si el problema energético es consecuencia directa de un consumo excesivo y agotamiento de los recursos, que hay una manifiesta falta de concienciación medioambiental, que lo primero que hay que hacer es promover un cambio de actitud general, y conoce sobre la problemática del desarrollo sostenible gracias alguna clase y/o actividad en centro escolar y a conversaciones en su ámbito familiar. En este último caso, hay que tener en cuenta que sería más eficaz promover una red de ciudadanos comprometidos con el desarrollo sostenible y por tanto los alumnos deben extender su preocupación en el seno familiar, si no existe una retroalimentación en la familia, se está perdiendo una oportunidad excepcional (Aguirre-Bielschowsky et al., 2012). Se ha puntuado con un uno si solamente se menciona en las respuestas que la energía sostenible está relacionada con las energías renovables, inagotables o no contaminantes, o con el ahorro energético, sin más, si el problema de la energía para el alumnos solamente se circunscribe uso de combustibles de origen fósil, a nuestro estilo de vida, o a un desarrollo incompleto de las energías renovables; de modo que para solucionar el problema habría que usar más energías renovables y sobre todo ahorrar energía, y lo que sabe sobre energía sostenible es porque lo ha aprendido en su ámbito familiar o en clase o a través de algún medio de comunicación como televisión o prensa. Finalmente, si no se contesta a las preguntas o no se sabe, se ha puntuado con un cero.

Con las valoraciones de todos los alumnos, por grupo, y atendiendo a las categorías de estudio establecidas, se ha realizado un estudio estadístico descriptivo básico, realizándose además el test de Kolmogorov-Smirnov para comprobar si las puntuaciones siguen una distribución normal, y se ha efectuado una prueba F para el análisis de las varianzas, a un nivel de significación (α) de 0,05. Las hipótesis nulas son que las puntuaciones siguen una distribución normal y que no existan diferencias significativas entre las varianzas de ambos grupos.

4. Resultados

4.1. Actividades de los alumnos fuera del horario escolar

Atendiendo al valor numérico asignado a las variables dedicadas a las actividades de los alumnos fuera del horario escolar, en la tabla 1 pueden consultarse la media obtenida por los estudiantes de cada instituto, su desviación estándar (DS), varianza, estadístico de Kolmogorov–Smirnov (D) y valores de F.

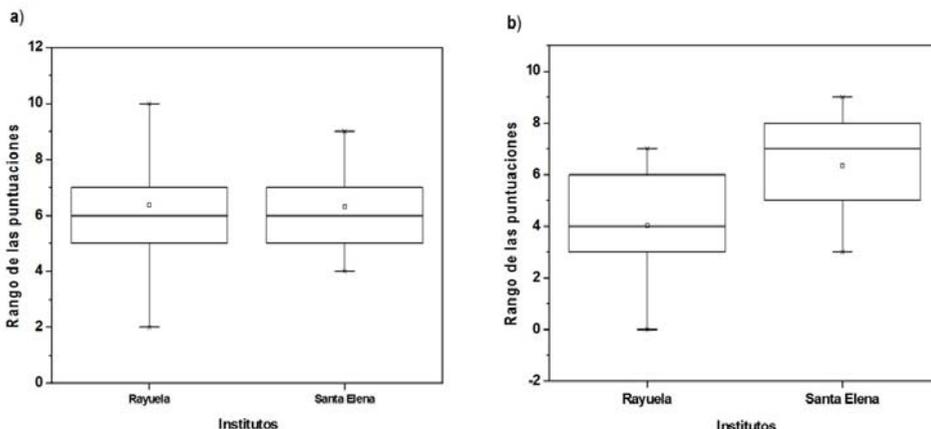
Tabla 1. Estadística de las puntuaciones sobre las actividades de los alumnos.

Instituto	Media	DS	Varianza	D	Fcalculada	Fcrítica
Rayuela	6,38	1,65	2,73	0,6736	1,3234	1,9750
S. Elena	6,32	1,44	2,06			

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las puntuaciones siguen una distribución normal ($D < \alpha$, figura 1a) y que no existen diferencias significativas entre las varianzas de ambos grupos ($F_{calculada} < F_{crítica}$).

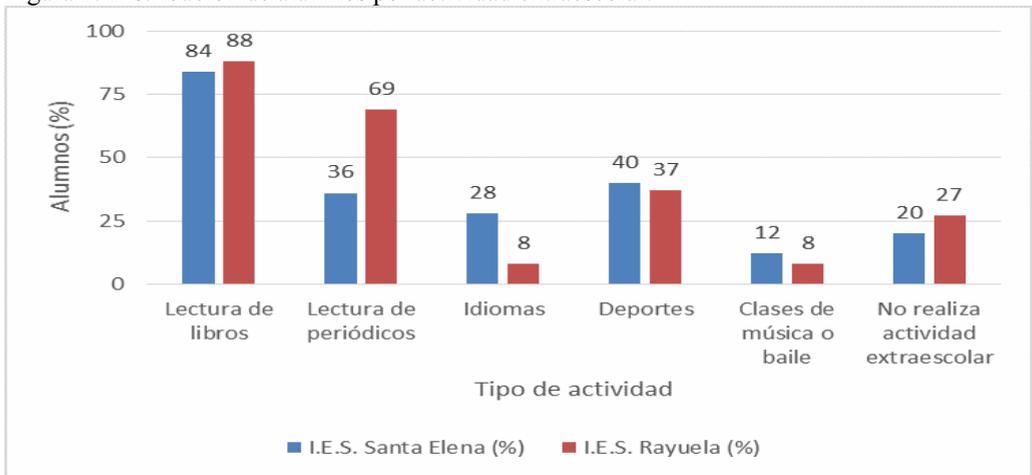
Figura 1. Diagrama de cajas de las puntuaciones sobre las actividades de los alumnos (a) y los conceptos de energía sostenible (b).



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 puede observarse la diversidad de actividades extraescolares que normalmente realizan los alumnos fuera del horario escolar y durante la semana en los dos grupos estudiados. Aunque la amplia mayoría de alumnos de ambos institutos contestan que tiene que estudiar y realizar sus “deberes” cuando salen del instituto, un porcentaje elevado dedica su tiempo a leer libros, mientras que ya en porcentajes menores realizan otro tipo de actividades extraescolares como estudio de idiomas, música, baile y/o practica algún deporte. Entre un 20 y 27% no realizan ninguna actividad extraescolar. En cuanto a los fines de semana, también los alumnos de ambos centros los suelen emplear para salir con sus amigos, estudiar, salir con la familia, practicar algún deporte, ver televisión, pasear e ir de compras.

Figura 2. Distribución de alumnos por actividad extraescolar.



Fuente: Elaboración propia.

Referente al transporte que usan para ir y venir del instituto, algo más de la mitad del alumnado del IES Infanta Elena llega andando, y el resto en autobús escolar o vehículo particular, posiblemente debido a la extensión del municipio de Galapagar, donde hay urbanizaciones alejadas del instituto, y por tanto, sin las infraestructuras pertinentes para que los alumnos les fuera fácil el acceso caminando. En el caso del IES Rayuela, cerca de un 90% de los alumnos llega andando, el resto en vehículo particular.

4.2. Comprensión de los conceptos

Analizando las respuestas (preguntas 13-17) de ambos grupos y teniendo en cuenta lo tipificado en el apartado del diseño experimental (punto 3.2), en cuanto a la puntuación sobre la comprensión de los conceptos, los valores medios, desviación estándar, varianzas, etc. se listan en la tabla 2. Según el test de Komolgorov-Smirnov las puntuaciones de los estudiantes de ambos institutos siguen una distribución normal

($D > \alpha$). En este caso, la prueba F indica que no hay diferencias significativas entre ambos grupos ($F_{calculada} < F_{crítica}$). Sin embargo, el test de Komolgorov-Smirnov no es muy restrictivo (Arriaza, 2006) y como puede observarse en la figura 1b, se deberían realizar otro tipo de pruebas para verificar la normalidad de las puntuaciones. En la tabla 3, se recogen los valores de los estadísticos de las pruebas de Shapiro-Wilk y Lilliefors. Con ambas se obtiene que a un nivel de significación de 0,05, las puntuaciones obtenidas de los alumnos del IES Santa Elena no siguen una distribución normal y por tanto es conveniente realizar una prueba no paramétrica, como la de Mann-Whitney para comparar las varianzas de ambos grupos. Con ésta última prueba, se rechaza a un nivel de significación de 0,05 la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas entre las puntuaciones de los dos institutos, donde la puntuación media de los alumnos del IES Santa Elena es mayor que la del otro centro (ver tabla 2).

Tabla 2. Estadística de las puntuaciones sobre la comprensión de los conceptos.

Instituto	Media	DS	Varianza	D	$F_{calculada}$	$F_{crítica}$
Rayuela	4,04	1,87	2,73	0,4894	1,1019	1,9750
S. Elena	6,36	1,78	2,06	0,0928		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Resultados estadísticos test de normalidad y prueba no paramétrica.

Instituto	Shapiro-Wilk	Lilliefors	Mann-Witney (U)
Rayuela	0,1156	0,0919	$9,9349 \cdot 10^{-5}$
S. Elena	0,0072	0,0006	

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1. Concepto de energía sostenible

Un 80% de los encuestados del IES Santa Elena, los alumnos de 2º de ESO, identifican energía sostenible con un uso responsable de la energía, con contestaciones del tipo: “La energía sostenible es gastar solamente la energía necesaria (sin malgastarla)”. Un 16% introduce explícitamente el concepto de ahorro energético. Para un 4%, estaríamos hablando de una forma de energía inagotable. En cambio, ninguno de los alumnos de 4º de ESO del IES Rayuela contesta directamente en términos de uso responsable y se diversifica más las respuestas asociando energía sostenible con ahorro energético, energía inagotable y energía renovable, curiosamente en porcentajes similares (11%), o con energía renovable en un porcentaje mayor (37%). A modo de

ejemplo, uno de los alumnos de 2º de ESO ha contestado precisa y escuetamente lo siguiente: “La energía sostenible es el uso de los recursos energéticos de forma responsable”. Ejemplos de contestaciones de alumnos de 4º curso son: “energías renovables que cubran la demanda”, “energía que no daña el medio ambiente” o “energía que no contamina”. En cuanto a los alumnos que desconocen el término de energía sostenible, son un 12% en el caso del IES Santa Elena y un 30% en el IES Rayuela los que reconocen en sus respuestas no saber qué contestar al respecto o simplemente la dejan en blanco.

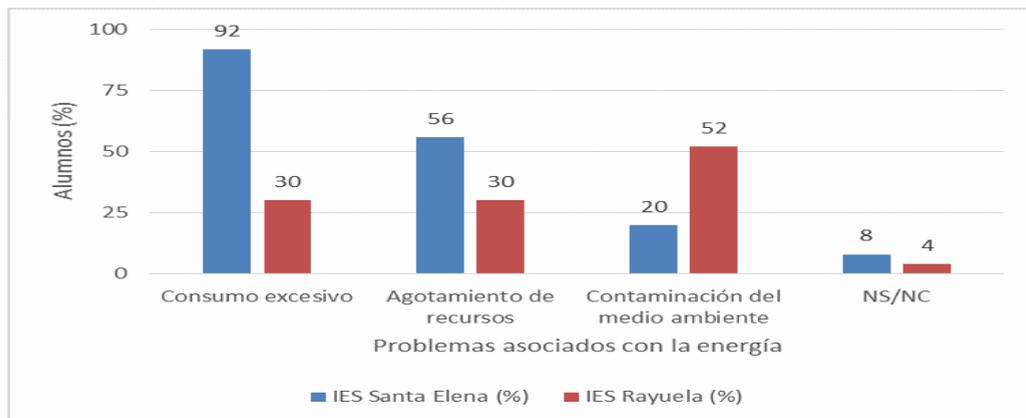
4.2.2. ¿Problemas con la energía?

Como puede observarse de la figura 2, entre los alumnos encuestados del IES Santa Elena hay una mayoría de alumnos (92%) que consideran que el problema con la energía es: “Que se malgasta, que se consume demasiado...”. También son mayoría (56%) los que conectan este primer concepto (que se consume demasiado) con el “Agotamiento de los recursos energéticos”. Son minoría (20%) los que creen que el problema respecto al medio ambiente es debido a la contaminación. Aunque menos son los alumnos que confiesan desconocer si hay algún problema o confunden conceptos (8%). En el caso del IES Rayuela, ver figura 2, un 4% desconoce si hay algún problema, pero gana en porcentaje los alumnos que achacan el problema de la energía con la contaminación ambiental (52%). Sobre el consumo excesivo y agotamiento de recursos solamente se pronuncia un 30% de los mismos.

4.2.3. ¿Por qué existen problemas con la energía?

Un alumno del IES Santa Elena proporciona una respuesta breve pero precisa: “Porque no se concienza (a la sociedad) sobre estos problemas”. De hecho, hay una aplastante mayoría de alumnos (76%), ver figura 3, que coinciden al señalar como causa del problema nuestro estilo de vida; así por ejemplo nos encontramos respuestas como, “Porque la mayoría de personas pasan (la vida) muy ocupadas y no se dan cuenta del daño que causan”, “Por (culpa de) la economía explotamos mucho la energía”, etc. Respuestas similares también se encuentran entre los encuestados del IES Rayuela: “Porque tenemos mucha dependencia (energética)”, aunque en una menor proporción. De hecho, la mayoría de los alumnos del IES Rayuela se centran más en el efecto contaminante (52%). Un porcentaje similar, alrededor del 17%, de ambos institutos denuncia un desarrollo incompleto de las energías renovables, ejemplo: “Porque las energías renovables no están del todo desarrolladas y las no renovables se utilizan más”.

Figura 3. Respuestas de los alumnos sobre los problemas asociados con la energía.

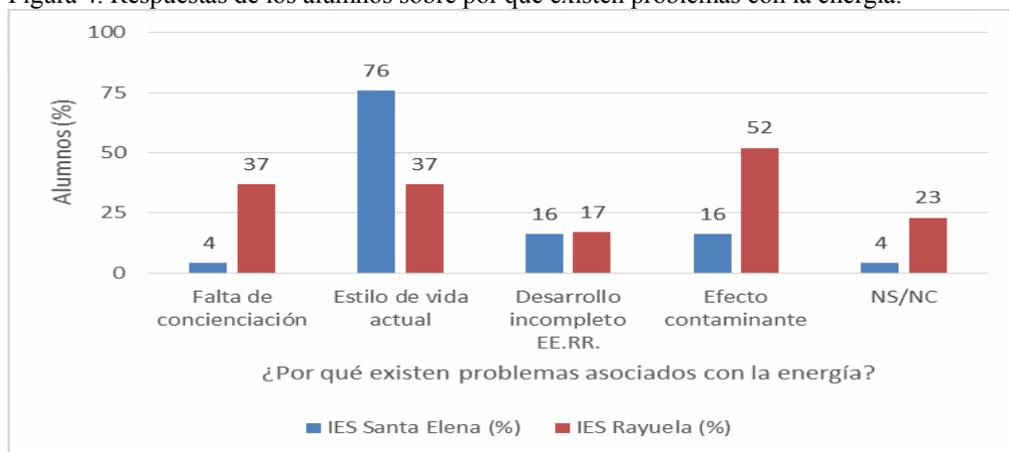


Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. ¿Hay alguna solución al problema energético?

Nos encontramos solamente con unas pocas respuestas de los alumnos del IES Santa Elena del estilo “*Sí, adquirir una mentalidad responsable*” o “*Sí, medirnos y darnos cuenta qué está encendido, que no usamos y/o desenchufar*”, la mayoría de los encuestados del mencionado centro (72%) estima que la solución pasa por ahorrar energía, pero solamente un 24% menciona la necesidad de utilizar energías renovables.

Figura 4. Respuestas de los alumnos sobre por qué existen problemas con la energía.



Fuente: Elaboración propia.

En el caso del IES Rayuela, como se observa de la figura 4, optan por el mismo tipo de soluciones anteriores pero no se puede afirmarse que sobresalga una más que otra.

4.3. Actividades relacionadas con la energía sostenible

Se articularon una serie de preguntas (número 20-24) encaminadas a conocer las actividades que los estudiantes han realizado en el Instituto y que estuvieran relacionadas con el tema de la energía sostenible o con algún otro tema interrelacionado. Un 56% de alumnos del IES Santa Elena y un 16% del IES Rayuela contestan que no han hecho nada. Los que responden que sí han hecho algo, ese algo consiste en un mural, participación en el algún taller o realización de alguna visita. Es de destacar que los alumnos que declaran haber realizado alguna actividad relacionada con el tema, casi todos contestan que les ha gustado realizarla. En el caso de realización de visitas, hay una gran diferencia entre los dos grupos de alumnos encuestados. En el caso del IES Santa Elena, solo dos alumnos recuerdan haber hecho una visita a una central solar, afirmando ambos que les gustó la visita, mientras que el 52% de los estudiantes del IES Rayuela sí han realizado visitas, aunque no todos ellos (24%) reconocen que les ha gustado la experiencia, por ejemplo, un alumno responde que le ha gustado “más o menos” porque “no suelen darle (a la visita) un punto de vista divertido”. Respecto si hay algo más que les gustaría hacer relacionado con el tema de la sostenibilidad, el grupo de alumnos a los que les gustaría hacer alguna actividad/visita relacionada con este tema es un 68% en el IES Santa Elena y un 81 % en IES Rayuela. De los alumnos que no están por la labor, alguna contestación como ejemplo: “es un tema necesario pero no me gusta”.

Otra serie de preguntas (número 25-29) iban encaminadas a explorar las actuaciones de los estudiantes en sus hogares que estén relacionadas con la energía sostenible. Se pretendía ofrecer la posibilidad a los estudiantes para aportar matices sobre su actividad fuera del instituto, que permitiera conocer su grado de concienciación con el desarrollo sostenible. Por ejemplo, todos aquellos alumnos que contestan que disponen de aire acondicionado en sus hogares, en porcentaje, un 56% de los alumnos de Móstoles y un 20% de Galapagar, lo usan solamente cuando hace mucho calor. Prácticamente es unánime el uso de bombillas de bajo consumo en ambos grupos. En cuanto a los coches de la familia, la influencia del entorno socio-económico parece claro, mientras que el grupo perteneciente al municipio de Móstoles, un 40% de encuestados manifiesta que su familia dispone de dos vehículos, en el caso del grupo de Galapagar, el porcentaje asciende a un 72% de estudiantes. Sin embargo, aunque a priori el número de estudiantes del grupo de Galapagar ha manifestado que sus unidades familiares poseen más de un vehículo, también responden positivamente al uso del transporte público por parte de sus familiares (cuando es posible) en un 84%. Mientras que curiosamente el anterior porcentaje disminuye a un 56% en el caso de los estudiantes del grupo de Móstoles respecto a la predisposición de sus familiares para el uso de transporte público. Parece una contradicción, porque analizando la cuestión número 29, sobre si los estudiantes trasladan a sus entornos familiares las buenas prácticas sobre sostenibilidad aprendidas en el Instituto, un 60% de encuestados del IES Santa Elena y un 82% del IES Rayuela afirman que lo hacen. Debería reflejarse, por ejemplo, en un mayor porcentaje de familiares predispuestos a utilizar el transporte

público, si la red de concienciación medioambiental, a la que hace referencia Aguirre-Bielschowsky y colaboradores (2012), se hubiera creado.

Finalmente ha habido un grupo importante de encuestados, 64% en el IES Santa Elena y un 89% del grupo del IES Rayuela, que responde positivamente a la posibilidad de recibir más información, asistir a charlas o debates, con relación al tema de la sostenibilidad.

5. Propuestas de actividades

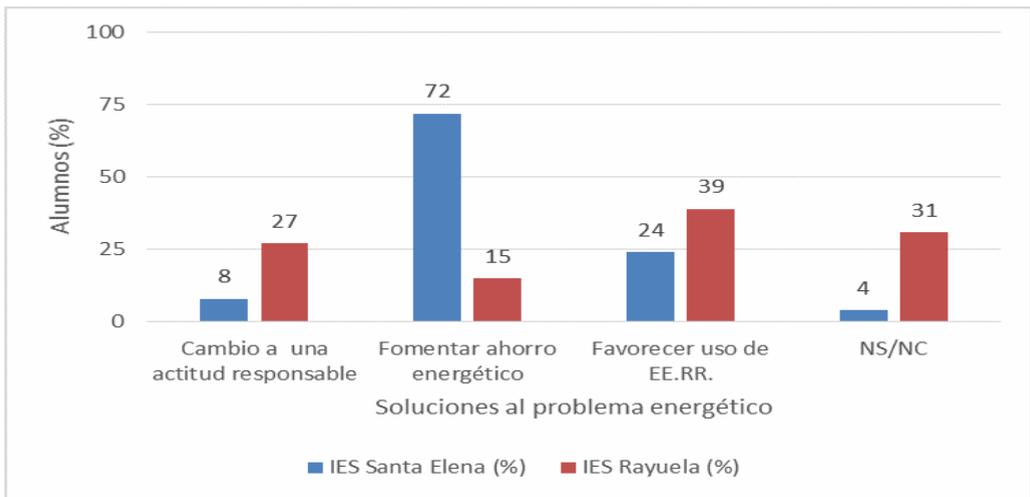
Teniendo en cuenta que los alumnos manifestaban que no habían realizado ninguna actividad relacionada con la energía sostenible o que, en un porcentaje bastante bajo, solamente se había preparado algún mural o alguna visita, pero que sí que estaban dispuestos a recibir más información en forma de charlas, debates, etc., parecía idóneo proponer sin solución de continuidad un conjunto de actividades y explorar sus reacciones. A tal efecto, los autores han diseñado un programa de experiencias para los estudiantes de Secundaria, en el marco del año de la Biotecnología en España (Febiotech, 2014), que a priori son atractivas y con un marcado carácter dinámico, sin olvidar que se trabaja en términos de competencias y en el marco de la sostenibilidad. Las pilas de combustible microbianas (Logan, 2009) podrían cumplir con todos los requisitos necesarios como núcleo del conjunto de dichas actividades, motivando a los alumnos a desarrollar un trabajo eminentemente empírico de ciencias, que además les permita estar conectados con las necesidades actuales de nuestra sociedad y entorno; y que permitan trabajar eficazmente determinados aspectos de educación medioambiental, siguiendo la idea de “educar para la sostenibilidad” (Prieto y España, 2010). Previamente a las pilas de combustible microbianas, algunos autores aconsejan introducir a los alumnos al fascinante mundo de la bioelectrogénesis a partir de la columna de Winogradsky (IMDEA, 2014), herramienta, que por otro lado, ha sido propuesta con anterioridad para Educación Secundaria (López, 2008) e incluso en cursos de enseñanza superior (Moreno et al., 2012). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en este trabajo las actividades que se plantean con la columna de Winogradsky están orientadas como un paso previo al trabajo con las pilas microbianas. El conjunto de actividades también contempla trabajar los fundamentos básicos de electricidad, generación de electricidad y fuentes de energía renovables, basados en un Taller realizado recientemente para estudiantes de tercer ciclo (5º y 6º) de Educación Primaria (Muñoz et al., 2014).

5.1. La propuesta didáctica

La propuesta didáctica, que puede consultarse en su totalidad en el trabajo de García (2014), y que fue llevada a cabo con el grupo del IES Rayuela, se ha diseñado en base a la experiencia adquirida con trabajos previos estableciendo una etapa de contacto para motivar y activar conocimientos previos, una etapa de desarrollo experimental y una etapa final de síntesis (Muñoz, 2010; Muñoz et al., 2014; Díaz y Muñoz, 2013). A

continuación, nos centraremos en la etapa de desarrollo experimental basada en la columna de Winogradsky, que es un modelo de ecosistema donde se establecen relaciones entre distintos microorganismos. Dichos microorganismos se desarrollan a partir de unas condiciones determinadas de nutrientes y energía, y el sistema en su conjunto es completo y autónomo mantenido por la energía de la luz solar. Existe una gran cantidad de información respecto la mencionada columna e incluso se ha propuesto como un ejemplo de microbiología básica para laboratorios de Educación Secundaria (López, 2008) con la ventaja de que su preparación y construcción es bastante sencilla. Para una mayor información puede consultarse diferentes fuentes (NASA, 2001; “How to build a Winogradsky column”, 2009; y Scientific American, 2013). Nuestra propuesta, es utilizar la columna para poder introducir las pilas de combustible microbianas, en concreto las que utilizan lodo como sustrato, y que ya están disponibles comercialmente en otros países (Mudwatt, 2016). Las pilas microbianas son dispositivos capaces de generar una corriente eléctrica gracias a determinadas reacciones metabólicas de los microorganismos presentes en el lodo. El punto clave en el desarrollo experimental es pasar de una columna típica de Winogradsky (figura 6a), a las pilas microbianas (figura 6b). Para ello es necesario utilizar dos electrodos, una resistencia y un voltímetro que deben ser conectados convenientemente.

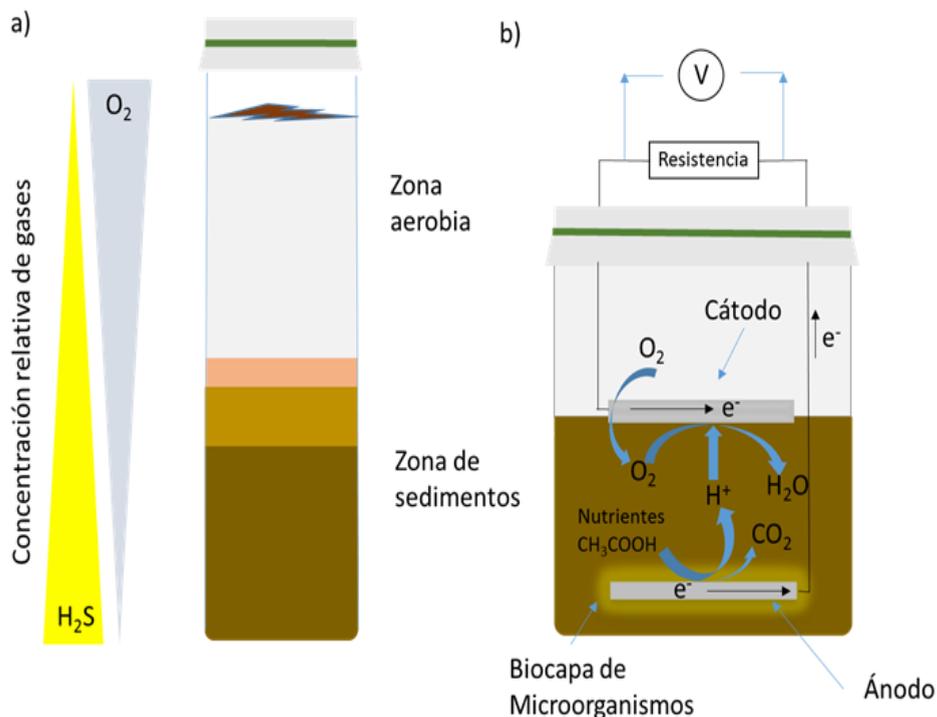
Figura 5. Respuestas de los alumnos sobre las posibles soluciones al problema energético.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se tiene la columna preparada y pasado el tiempo necesario para observar los diferentes posibles estratos, se introduce un electrodo en la parte superior de los sedimentos. El electrodo debe quedar “enterrado” en la parte superior de los sedimentos como si se tratara de una MFC (figura 6b).

Figura 6. Esquema de una columna de Winogradsky (a) y una MFC (b).



Fuente: Elaboración propia.

El otro electrodo se colocará en la parte superior de la columna, donde el agua está más clara. Así, se establecerá una pequeña diferencia de potencial, que puede medirse con un voltímetro. Hay que tener en cuenta que la actividad experimental no se concluye en una sesión de laboratorio. Dicha sesión es necesaria para la preparación de la columna, pero debe pasar un tiempo, que incluso puede ser de un mes, para que se establezcan las condiciones necesarias para el desarrollo de las diferentes poblaciones de microorganismos. Por tanto, estamos ante un tipo de actividad donde los alumnos deben implicarse en el tiempo, observando con la periodicidad adecuada si se produce algún cambio. Por ello, también es conveniente implementar la fase de síntesis una vez sean observables sin dificultad los diferentes estratos. Es en esta fase donde se introducirán las pilas microbianas y su potencial uso para el tratamiento de aguas residuales y generación eléctrica.

El resultado de la propuesta con los alumnos del IES Rayuela ha sido muy prometedor, aunque se limitó a la preparación de las columnas de Winogradsky e introducción teórica de las MFC. No obstante, los alumnos se implicaron en el desarrollo de la actividad, ver figura 7.

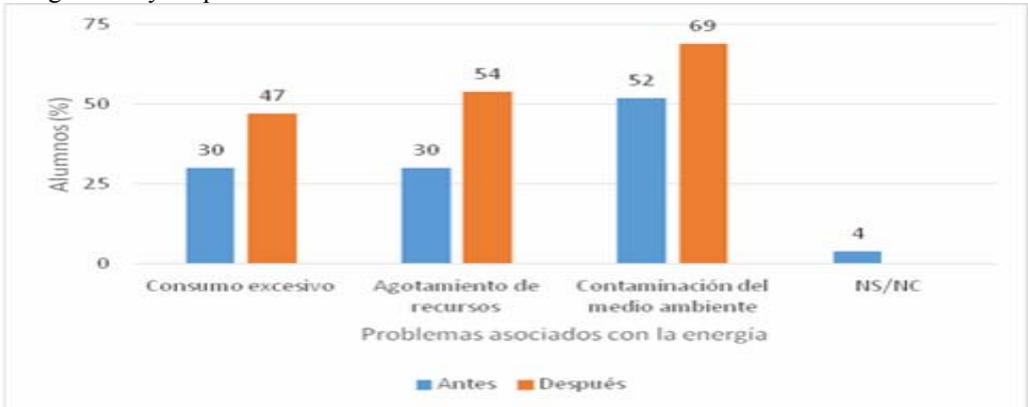
Figura 7. Fotografía de las columna de Winogradsky preparadas (García, 2014).



Fuente: Elaboración propia.

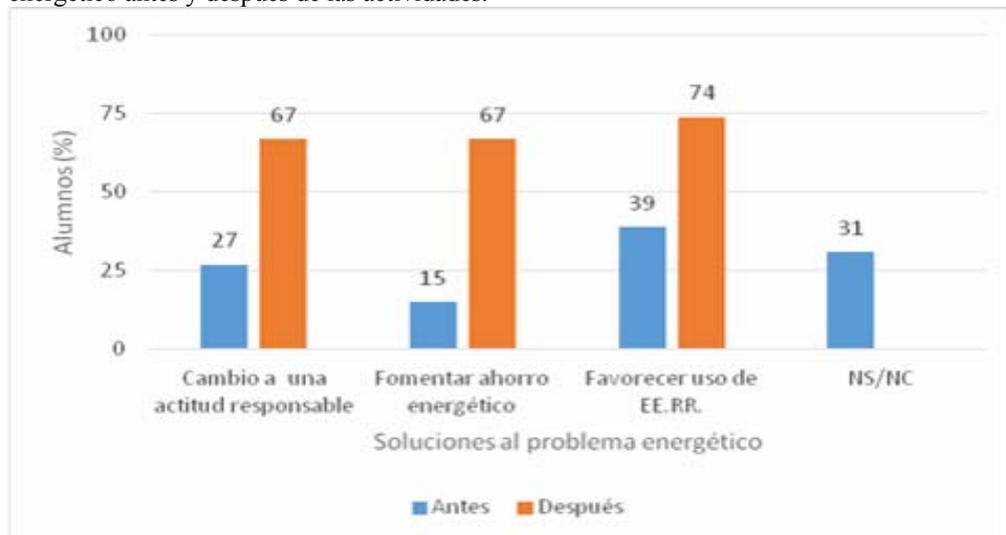
Una vez realizado las actividades, se les pidió a los alumnos que cumplimentaran de nuevo las preguntas del cuestionario dedicado a las categorías de concepto y actividades relacionadas con la energía sostenible.

Figura 8. Respuestas de los alumnos del IES Rayuela sobre los problemas asociados con la energía antes y después de las actividades.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Respuestas de los alumnos del IES Rayuela sobre las posibles soluciones al problema energético antes y después de las actividades.



Fuente: Elaboración propia.

El 85% de los estudiantes responden que les ha gustado las actividades realizadas y las percepciones y actitudes sobre el problema energético han mejorado como puede observarse de las figuras 8 y 9.

6. Conclusiones

El cuestionario propuesto ha permitido estimar las percepciones y actitudes de dos grupos de estudiantes de Educación Secundaria de distinto centro escolar y con distinta ubicación en la Comunidad de Madrid, sobre el concepto de energía sostenible y la sostenibilidad en general. Tras el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos, parece que la mayor parte de los alumnos encuestados no ha llegado a percibir en toda su extensión el problema medioambiental y energético al que nos enfrentamos y su actitud hacia una posible solución viene dada en términos de reducción del consumo. Creen que el problema está fuera de su ámbito de actuación, descargando incluso parte de la responsabilidad que le debería corresponder en el conjunto de la sociedad a la que pertenecen. Del grupo de estudiantes del centro escolar que participa en el programa Ecoescuelas, se deduce que los anteriores programas, si bien son necesarios, no son suficientes. Es urgente la implicación de todos los agentes educativos para articular una educación ambiental eficaz de los estudiantes, de tal manera que el mensaje llegue mejor a los alumnos. En este sentido, la propuesta didáctica que se ha presentado en este trabajo puede ser una vía dinámica y atractiva para introducir a los estudiantes la problemática sobre los recursos energéticos. De hecho, la experiencia llevada a cabo ha tenido una buena acogida y ha

sido bien valorada por parte de ellos. Tras su realización y con el correspondiente refuerzo teórico los alumnos han adquirido una mejor percepción del problema al que tendrán que enfrentarse, mostrando una mayor concienciación para actuar en pro de la sostenibilidad y protección del medio ambiente.

7. Referencias bibliográficas

- Aguirre-Bielschowsky, I.; Freeman, C. y Vass, E. (2012). Influences on children's environmental cognition: a comparative analysis of New Zealand and Mexico. *Environmental Education Research*, 18 (1), 91-115.
- Álvarez García, O.; Sureda Negre, J.; Y Comas Forgas, R. (2012). El concepto “desarrollo sostenible” en los libros de texto de la Educación Secundaria Obligatoria. IN. *Revista Electrónica d'Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa*, vol. III (2), 179-197.
- Arriaza Balmón, M. (2006). *Guía Práctica de Análisis de Datos*. Junta de Andalucía. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. IFAPA.
- Atlas Estadístico De La Comunidad De Madrid (2015). Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid. Recuperado el 5-05-2016 de: www.madrid.org/iestadis
- Banki-Moon (2015). Recuperado el 10-03-2016 de: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/ban-ki-moon-resalta-que-el-acceso-a-energia-es-una-meta-de-la-nueva-agenda-de-desarrollo/>
- Boletín Oficial Del Estado (2015). Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- Década Por Una Educación Para La Sostenibilidad. Boletines 60, 61 y 62. Recuperado el día 10-03-2016 de: <http://www.oei.es/decada>
- Deng, H.; Chen, Z.; y Zhao, F. (2012). Energy from Plants and Microorganisms: Progress in Plant-Microbial Fuel Cells. *ChemSusChem* 5, 1006 – 1011.
- Díaz Perea, M.R., y Muñoz Muñoz, A. (2013). Los murales y carteles como recurso didáctico para enseñar ciencias en Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 468-479.
- Ecoescuelas. Programa Ecoescuelas de la Comunidad de Madrid. Recuperado el 28-05-2013 de: http://www.madrid.org/dat_oeste/programa_ecoescuelas.htm
- Educadores Por La Sostenibilidad (2010). Boletín N° 48 de 27-02-2010, Recuperado el 10-03-2015 de <http://www.oei.es/decada/boletin048.htm>
- FEBIOTEC (2014). Año de la Biotecnología en España (2014). <http://www.2014biotec.es/>
- García Fernández, R. (2014), *Biotecnología y Energía Sostenible: Estudio de percepciones y actitudes; y propuesta de actividades para Educación Secundaria*. Trabajo Fin de Máster. Universidad Complutense de Madrid.
- Mudwatt (2016). <https://www.mudwatt.com/>
- How To Build A Winogradsky Column (2009). Recuperado el 20 de mayo de 2014 de: <http://www.youtube.com/watch?v=ivRxB3w41I0>
- IMDEA. (2014). Grupo de Bioelectrogénesis del Instituto Madrileño de Estudios Avanzados. <http://www.bioelectrogenesis.com>

- Logan, B.E. (2009). Exoelectrogenic bacteria that power microbial fuel cells. *Nature Reviews: Microbiology*, 7, 375-381.
- López Pérez, J.P. (2008). La columna de Winogradsky. Un ejemplo de microbiología básica en un laboratorio de Educación Secundaria. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 5(3), 373-376.
- Martín Gordillo, M.; Osorio, C.; y López Cerezo, J.A. (2000). La educación en valores a través de CTS. Contribución al Foro Iberoamericano sobre Educación en Valores. Montevideo 2-6 de Octubre de 2000.
- Muñoz Muñoz, A. (2010), Trabajos sobre búsqueda de información sobre juegos y experimentos educativos. *Experiencias Educativas*. Facultad de Educación UCLM.
- Muñoz, A.; Peña-Martínez, J.; Martín-Puig, P.; Arillo-Aranda, M.A.; y Díaz-Perea, M.R. (2014), CEIP Antonio de Nebrija. Taller de Cambio Global: una experiencia didáctica para alumnos de Educación Primaria. *Revista Digital EducaMadrid*, 16 de abril de 2014.
- NASA. (2001). National Aeronautics and Space Administration. Building a Winogradsky Column. Educational Product.
- ONU (2000). Objetivos de Desarrollo del Milenio. Recuperado el 10-03-2016 de: <http://www.un.org/es/millenniumgoals/>
- ONU (2000). Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. Recuperado el 10-03-2016 de (<http://www.un.org/es/millenniumgoals/environ.shtml>).
- ONU (2012). Año internacional de la energía sostenible. Recuperado el día 5-05-2016 de: <http://www.un.org/es/events/sustainableenergyforall/>
- ONU (2015). Es hora la acción mundial por las personas y el planeta. Recuperado el día 10-07-2015 de: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Prieto, T., y España, E. (2010), Educar para la Sostenibilidad. Un problema del que podemos hacernos cargo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7, 216-229.
- Scientific American (2013), Soil Science: Make a Winogradsky Column. A microbe-dependent demonstration from Science Buddies. Recuperado el día 20-05-2014 de: <http://www.scientificamerican.com/article/bring-science-home-soil-column/>
- Sureda Negre, J; Comas Forgas, R; y Álvarez García, O. (2012). El oncepto desarrollo sostenible en la planificación del profesorado y según el alumnado. Estudio de un caso. *M+A. Revista Electrónica de Medio Ambiente*, 13, 1-13.
- Sureda J.; Catalán A.; Álvarez O.; y Comas R. (2013). El concepto de “desarrollo sostenible” en la regulación del curriculum de la Educación Secundaria Obligatoria en España. *Estudios Pedagógicos XXXIX*, Nº 1, 253-267.
- UNESCO (2005). Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014). Recuperado el día 10-03-16 de: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/themes/education-for-sustainable-development/>
- Un Millón Por El Clima (2015). Recuperado el día 15-07-2015 de: <http://www.unmillionporelclima.es/>.