



**MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE  
EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA, BACHILLERATO,  
FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS**

**BIOTECNOLOGÍA Y ENERGÍA SOSTENIBLE: ESTUDIO  
DE PERCEPCIONES Y ACTITUDES; Y PROPUESTA  
DE ACTIVIDADES PARA EDUCACIÓN SECUNDARIA**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER. CURSO: 2013 – 2014.**

**ESPECIALIDAD: Física y Química.**

**APELLIDOS Y NOMBRE: García Fernández, Rubén.**

**DNI: 47472324 – W**

**CONVOCATORIA: JUNIO**

**TUTOR: Juan Peña Martínez. Didáctica de las Ciencias Experimentales.  
Facultad de Educación.**

# ÍNDICE

1. <u>Resumen / Abstract</u> .....	1
2. <u>Descriptores / Keywords</u> .....	3
3. <u>Planteamiento del Problema y Justificación</u> .....	4
3.1. Planteamiento e Interés del Tema .....	4
3.2. Relación con el Ejercicio de la Profesión Docente en la Especialidad Cursada .....	5
3.3. Relación del Tema Elegido con las Prácticas .....	7
4. <u>Fundamentación Teórica y Estado de la Cuestión</u> .....	8
5. <u>Objetivos</u> .....	9
6. <u>Metodología</u> .....	10
6.1. Caracterización de la Muestra .....	10
6.2. Metodología y Diseño Experimental .....	10
6.2.1. Técnica de Recogida de Datos: Cuestionario Abierto .....	10
6.2.2. Técnica de Análisis de Datos: Redes Sistémicas .....	11
6.2.3. Actividades Teórico – Prácticas realizadas en la Unidad Didáctica .....	11
7. <u>Resultados Obtenidos: Redes Sistémicas</u> .....	19
8. <u>Discusión e Interpretación de los Resultados Obtenidos</u> .....	24
8.1. Impacto de los Resultados Obtenidos en la Labor Docente .....	27
8.2. Limitaciones del Estudio .....	27
8.3. Futuras Líneas de Investigación / Actuación .....	27
9. <u>Conclusiones</u> .....	28
10. <u>Referencias Bibliográficas</u> .....	29
<u>Anexo I. Cuestionario Abierto</u> .....	31
<u>Anexo II. Práctica 1: Limones Eléctricos</u> .....	33
<u>Anexo III. Práctica 2: Célula Fotovoltaica</u> .....	35
<u>Anexo IV: Práctica 3: Columna de Winogradsky</u> .....	36

## **1. Resumen.**

Los productos derivados de combustibles fósiles y los minerales de uranio constituyen las fuentes de energía convencionales sobre las que se fundamenta el sistema de producción y abastecimiento energético actual. Estas fuentes de energía no renovables son las responsables del extraordinario desarrollo económico y de la calidad de vida que ha experimentado la población en las últimas décadas (AOP, 2002): la amplia gama de combustibles como gasolinas y diésel para automóviles, kerosenos para aviación, o el uranio enriquecido que se emplea en los reactores de fisión nuclear, se han convertido en elementos indispensables para la movilidad y transporte de la población, así como en la generación de electricidad a nivel industrial. Sin embargo, la legislación nacional, y en líneas generales a lo largo de todo el mundo, evoluciona hacia un desarrollo industrial y energético sostenible, respetuoso con el medio ambiente, ya que los grandes inconvenientes de las fuentes energéticas no renovables residen en sus reservas limitadas, la emisión de compuestos contaminantes, gases de efecto invernadero y producción de residuos radiactivos difíciles de almacenar (IDEA, 2011).

El Protocolo de Kyoto (UNFCCC, 2008), mediante el que los países signatarios se comprometieron a reducir o mantener de forma controlada las emisiones de gases que causan efecto invernadero; el Libro Blanco de las Energías Renovables y la Directiva Europea 2009/28/CE, que establecen un nivel de uso del 20% de energías renovables respecto del consumo total, son algunos de los acuerdos mediante los que se pone de manifiesto la preocupación medioambiental tanto a nivel estatal como internacional.

El año 2012 fue declarado por la ONU en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro como “*el Año Internacional de la Energía Sostenible*” y una de las conclusiones más relevantes fue que la clave para alcanzar la sostenibilidad medioambiental reside en la enseñanza, es decir en una educación ambiental eficiente. Ahora, 2014, es el año de la Biotecnología en España. ¿Cómo unir biotecnología y energía sostenible? En el presente Trabajo Fin de Máster por un lado se estudiarán las percepciones y actitudes sobre la energía sostenible (entendida por la ONU como aquella energía que se produce y se usa de forma que apoye a largo plazo el desarrollo humano en el ámbito social, económico y ecológico) en un grupo de alumnos que cursan 4º de ESO a través de un cuestionario preparado a partir de la literatura (Aguirre–Bielschowsky et al., 2012) y trabajos anteriores (García, 2013), para posteriormente diseñar e implementar un conjunto de actividades teórico – prácticas motivadoras y muy atractivas como parte de la unidad didáctica “Fuentes de Energía y Sostenibilidad” que se llevó a cabo en el I.E.S. Rayuela de Móstoles (Madrid). Parte de las actividades propuestas están diseñadas con un enfoque hacia la biotecnología y su papel en la consecución de nuevas fuentes de energía.

## **Abstract.**

Products derived from fossil fuels and uranium minerals set up the conventional energy sources. The current energy production system is mainly based on these kinds of non renewable energy sources. Non renewable energy sources are essential on the extraordinary economic development and standard of living, experimented by the population in last decades (AOP, 2002): the wide range of fuels like gasoline and diesel used in cars, kerosene used in aviation or enriched uranium used in fission nuclear reactors has become essential elements of mobility and transport to the dwellers; and the fundamentals on electric power industry. However, Spanish legislation and broadly along de whole world is evolving to a sustainable industrial and energetic development, respectful towards natural environment. Main disadvantages of non renewable energy sources are their limited availability, pollution emissions, increase of greenhouse gases and radioactive products complicated to store (IDEA, 2011).

The Kyoto Protocol (UNFCCC, 2008) is an international agreement which commits its signatory countries by setting binding targets for reducing greenhouse gases emissions internationally; the White Book of Renewable Energies and the Europe Directive 2009/28/CE, which sets a 20% renewable energy use to total consumption, are some of the environmental agreements whereby many countries present their national and international concern.

The year 2012 was declared by United Nations at the Earth Summit in Río de Janeiro as “*the International Year of Sustainable Energy*” and one of the most important conclusions was the key to achieving environmental sustainability lies on instruction, in other words, lies on the efficient environmental education. The current year 2014 is the Year of Biotechnology in Spain. How to join biotechnology and sustainable energy? On the one hand, in the present Master’s Thesis (hereinafter TFM) will be studied perceptions and attitudes about sustainable energy (understood by United Nations as the energy which is produced and used on the way to hold human social, economical and ecological development) of a group of secondary school students (fourth grade) using a questionnaire from literature (Aguirre – Bielschowsky et al., 2012) and previous works (García, 2013), to design and implement several theoretical – practical activities, highly attractive and motivational; located on the didactic unit called “Energies Sources and Sustainability” conducted on the Secondary High School Rayuela, in Móstoles (Madrid). Some proposed activities are designed with a prospect to biotechnology and the development of new energy sources.

## **2. Descriptores / Keywords.**

Educación secundaria, educación ambiental, fuentes de energía, sostenibilidad, desarrollo energético, desarrollo sostenible, energía sostenible, medio ambiente, biotecnología, columna de Winogradsky.

Secondary education, Environmental Education, energy sources, sustainability, energy development, sustainable development, sustainable energy, environment, biotechnology, Winogradsky Column.

### **3. Planteamiento del Problema y Justificación.**

#### **3.1. Planteamiento e Interés del Tema.**

Nos remontamos a diciembre del año 1997, cuando la mayoría de los países industrializados y en vías de industrialización, demostraron su preocupación y compromiso con el medio ambiente firmando el Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático (UNFCCC, 2008). Mediante este Protocolo, los países signatarios pactaron reducir o mantener de forma controlada las emisiones de los principales gases que causan el efecto invernadero entre los años 2008 y 2012, tomando como referencia el nivel de emisiones del año 1990 (CMNUCC, 2002). A partir de la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto, la Comisión Europea estableció en los años sucesivos otras medidas para fomentar el uso de energías sostenibles, como el Libro Blanco de las Energías Renovables en 1997, en el que se estableció la necesidad de duplicar la tasa de consumo de energías renovables del 6% al 12% en relación a la energía total consumida (Comisión Europea, 1997).

En el año 2000, las Naciones Unidas aprobaron una serie de objetivos de cara al Desarrollo del Milenio, y entre ellos tenemos conseguir la sostenibilidad del medio ambiente. Los expertos creen firmemente que existe un riesgo real de que se produzca un cambio climático en un futuro muy próximo (Declaración del Milenio, 2000). Por tanto, es prioritario buscar nuevas pautas para alcanzar un desarrollo económico que pueda sostenerse a largo plazo, sin causar daños y variaciones irreversibles al medio natural. Mientras tanto, es esencial la formación de ciudadanos concienciados con el medio ambiente, y por extensión, con el desarrollo sostenible (básicamente implica utilizar los recursos naturales a un ritmo que no supere el necesario para su reposición). En otras palabras, hablar de desarrollo sostenible es hablar de energía sostenible. En este sentido, hay que tener en cuenta que el acceso a servicios energéticos desarrollados y asequibles posibilitaría el desarrollo de los objetivos convenidos internacionalmente, y ayudaría sin lugar a dudas a mejorar las condiciones y el nivel de vida de la mayoría de la población mundial. Organizaciones supranacionales como la ONU lo tienen más que claro, por ello declararon el año 2012 como el “*Año Internacional de la Energía Sostenible*”. Se quería llamar la atención a los gobiernos, empresas y responsables energéticos para fomentar la inversión en tecnologías menos contaminantes, mejorar el acceso a recursos y servicios energéticos de coste razonable, económicamente viables, socialmente aceptables y ecológicamente racionales (Cumbre Río + 20, 2012). Es decir, impulsar el uso de nuevas fuentes y tecnologías energéticas, pero a la vez trabajando el ahorro y la eficiencia energética como un escenario puente entre la situación actual y la situación deseable para el desarrollo sostenible.

Un paso esencial es concienciar a los futuros ciudadanos lo antes posible sobre los problemas y retos a los que nos debemos enfrentar. En este sentido, parece indicado trabajar el concepto

de energía sostenible, las diferencias entre energías alternativas y convencionales, y relacionarlos con el ahorro y la eficiencia energética desde las primeras etapas educativas, pero muy especialmente en la Educación Secundaria Obligatoria, al ser una formación integral donde se pretende que los alumnos desarrollen aquellas capacidades que les permitan asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática (Posada y Rodríguez, 2010).

En el presente Trabajo Fin de Máster (en adelante TFM) se ha pretendido dar continuidad a un trabajo anterior (García, 2013) pero teniendo en cuenta que el año 2014 ha sido declarado el año de la Biotecnología en España (FEBiotec, 2014). La idea es aunar la biotecnología con la energía sostenible para proponer una serie de actividades de carácter experimental que sean motivadoras y atractivas al alumnado para provocar el deseado conflicto intelectual en pro de una concienciación medioambiental. También hay que mencionar que la idea anterior para este trabajo está relacionada con la formación académica en Ingeniería Química del autor del TFM y la investigación llevada a cabo a consecuencia de su Proyecto Fin de Carrera: Producción de Biocombustibles mediante Microorganismos Oleaginosos (García, 2013).

### **3.2. Relación con el Ejercicio de la Profesión Docente en la Especialidad Cursada.**

Los contenidos relacionados con las fuentes de energía (tanto renovable como no renovable), la contaminación y la sostenibilidad, aunque de forma muy genérica, se trabajan en Educación Primaria. Sin embargo, es durante los cursos de Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato cuando se comienza a profundizar en aspectos más concretos relacionados con estos contenidos. De este modo, en el Decreto Autonómico 23/2007, del 10 de Mayo, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el Currículo de la Educación Secundaria Obligatoria, encontramos varios bloques de contenidos pertenecientes a diferentes asignaturas en los que se trabajan las fuentes de energía y la sostenibilidad. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Asignatura Ciencias de la Naturaleza de 2º de ESO. El Bloque 2: Materia y Energía; incluye los contenidos relacionados con el Análisis y Valoración de las diferentes fuentes de energía, renovables y no renovables; Problemas asociados a la obtención, transporte y utilización de la energía; y Toma de conciencia de la importancia del ahorro energético.
- Asignatura Biología y Geología de 3º de ESO. El Bloque 3: La actividad humana y el medio ambiente; incluye los contenidos relacionados con los recursos naturales: definición y clasificación. Las fuentes de energías renovables y no renovables; Uso de

técnicas sencillas para conocer el grado de contaminación y depuración del aire y el agua; Principales problemas ambientales en la actualidad. Análisis crítico de las intervenciones humanas en el medio. Valoración de la necesidad de cuidar del medio ambiente y adoptar conductas solidarias y respetuosas con él.

- Asignatura Tecnología de 3º de ESO. El Bloque 7: Energía y su transformación; incluye los contenidos de Energías renovables: sistemas técnicos para el aprovechamiento de la energía eólica, solar, mareomotriz y biomasa. Importancia del uso de energías alternativas; Energía y medio ambiente. Eficiencia y ahorro energético. Impacto medioambiental de la generación, transporte, distribución y uso de la energía.  
El Bloque 9: Tecnología y sociedad; incluye los contenidos de Tecnología y medio ambiente: impacto ambiental del desarrollo tecnológico. Contaminación. Agotamiento de los recursos energéticos y de las materias primas. Tecnologías correctoras y Desarrollo sostenible.
- Asignatura Geografía de 3º de ESO. El Bloque 2: Actividades económicas y espacios geográficos; incluye los contenidos 2.3. Actividades y espacios industriales (la importancia de las energías renovables); 4.2. La diversidad geográfica de España (los problemas medioambientales).

Centrándonos en la especialidad cursada (Física y Química), *la energía y la sostenibilidad* toman vital importancia, ya que la energía es uno de los objetos de estudio fundamentales que tiene la Física, así como su interacción con la materia, el espacio y el tiempo. La Química también estudia la energía que interviene en una reacción química, sin embargo, entrará completamente en juego al trabajar contenidos como la contaminación y compuestos contaminantes, gases de efecto invernadero, lluvia ácida, etc. De este modo, a continuación se exponen los contenidos relacionados con las Fuentes de Energía y la Sostenibilidad que recoge el Decreto Autonómico 23/2007, del 10 de Mayo, para la Asignatura Física y Química tanto en los cursos 3º de ESO como 4º de ESO:

- Asignatura Física y Química de 3º de ESO. El Bloque 2: Energía y Electricidad; incluye los contenidos relacionados con Energías tradicionales; Energías alternativas; Fuentes de energía renovables; Conservación y degradación de la energía; La energía eléctrica; La electricidad en casa y El ahorro energético. El Bloque 4: Los cambios químicos y sus aplicaciones; incluye los contenidos de La química y el medioambiente: efecto invernadero, lluvia ácida, destrucción de la capa de ozono, contaminación de aguas y tierras; Petróleo y derivados; Energía nuclear.
- Asignatura Física y Química de 4º de ESO. El Bloque 5: Iniciación a los compuestos del carbono incluye los contenidos relacionados con la Descripción de los compuestos orgánicos más sencillos: Hidrocarburos y su importancia como recursos energéticos. El

Bloque 6: La contribución de la ciencia a un futuro sostenible incluye los contenidos relacionados con El desafío medioambiental; El problema del incremento del efecto invernadero: causas y medidas para su prevención; Cambio climático; Contaminación sin fronteras; Agotamiento de recursos; Reducción de biodiversidad; Contribución del desarrollo tecno – científico a la sostenibilidad; Importancia de la aplicación del principio de precaución y de la participación ciudadana en la toma de decisiones; Energías limpias; Gestión racional de los recursos naturales; Valoración de la educación científica de la ciudadanía como requisito de sociedades democráticas sostenibles.

Por todo lo anterior, la importancia de un desarrollo sostenible y la problemática medioambiental son contenidos del currículo, y esto es así porque los alumnos de Educación Secundaria actuales, serán los futuros ciudadanos, políticos y científicos que tendrán que enfrentarse con el problema energético que atraviesa el planeta. Luego, resulta necesario evaluar la evolución del alumnado desde sus ideas previas hasta la reestructuración y aplicación del conocimiento adquirido a través de distintas actividades escolares, que en nuestro caso se enmarcan en una unidad didáctica sobre “Fuentes de Energía y Sostenibilidad”. Esta es la finalidad del presente TFM, explorar las percepciones y actitudes de los alumnos hacia las fuentes de energía y la sostenibilidad, y a raíz de aquí trabajar en este ámbito, realizando unas actividades teórico – prácticas (donde la biotecnología jugará un especial papel) creando la motivación necesaria para que los alumnos sean conscientes del problema actual y de que la solución está en sus manos mediante la realización acciones encaminadas a la consecución de un desarrollo sostenible, y por tanto, al sostenimiento de la sociedad actual.

### **3.3. Relación del Tema Elegido con las Prácticas.**

La Unidad Didáctica desarrollada por parte del autor para los alumnos de 4º de ESO durante el período de prácticas en el Instituto de Educación Secundaria Rayuela de Móstoles (Comunidad de Madrid), fue la siguiente: *Fuentes de Energía y Sostenibilidad*. Por tanto, teniendo en cuenta lo descrito en el punto 3.1. *Planteamiento del Problema*, se establecieron unos objetivos para el presente TFM en el marco de una educación ambiental y teniendo en cuenta las conmemoraciones del año 2012 y 2014 como Año Internacional de la Energía Sostenible y Año de la Biotecnología en España, respectivamente.

La Unidad Didáctica desarrollada en el I.E.S. Rayuela durante el período de prácticas lleva por título *Fuentes de Energía y Sostenibilidad*. Fue diseñada para el nivel de Educación Secundaria Obligatoria, en concreto para la asignatura Física y Química, impartida en el curso 4º de ESO. Para trabajar esta Unidad Didáctica se utilizaron 6 sesiones de 50 minutos de duración.

#### **4. Fundamentación Teórica y Estado de la Cuestión.**

En las últimas décadas, el interés tanto de los ciudadanos, de la comunidad científica, como la preocupación de los gobiernos o asociaciones internacionales ha ido en aumento debido a los grandes cambios que está sufriendo nuestro planeta (Cumbre Río + 20, 2012). De este modo, las repercusiones más graves asociadas al cambio climático pronosticadas por los principales grupos de investigación en el tema, son la creciente desertización del planeta, lo que implicará también un desplazamiento de la agricultura hacia las zonas más cercanas a los polos, que serán más fértiles que el terreno seco y desertizado; aumento de la temperatura global del planeta a causa del efecto invernadero, ya que las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero provocan un aumento desmesurado en este fenómeno y retienen la mayor parte de la radiación solar, impidiendo que salga fuera de la atmósfera; inundación de zonas costeras a causa del derretimiento de glaciares y polos; y disminución de la biodiversidad, agotándose los recursos naturales y el agua potable, que supondría un desequilibrio total a nivel planetario, provocando migraciones y conflictos sociales, debido a una disminución de la agricultura, la pesca y la ganadería necesaria para abastecer a una población en continuo crecimiento.

Por todo lo anterior, han sido múltiples las asambleas y tratados internacionales elaborados como fruto de la preocupación internacional y el compromiso por buscar una solución al problema medioambiental. Queremos destacar sobre todo la Asamblea del Milenio, celebrada en el año 2000, donde se trataron los temas más trascendentales que afectan a la humanidad de cara al nuevo milenio, siendo la contaminación y el desarrollo sostenible dos puntos fundamentales a tratar. Son también de suma importancia las últimas cumbres: la Tercera Cumbre de la Tierra en Johannesburgo que se celebró 10 años después de la Cumbre de Río de Janeiro (por ello, también es llamada Río + 10); y finalmente la cumbre del año 2012 (Río + 20) que celebrada de nuevo en Río de Janeiro, que ponen de manifiesto dos puntos fundamentales que se desarrollan a continuación:

- El reto medioambiental que se plantea ante nosotros es un problema que nos afecta a todos los habitantes del mundo por igual (no se trata de un conflicto localizado del que el resto de la población se pueda desentender). El creciente consumo de combustibles fósiles debido al extraordinario aumento de la población en las últimas décadas, supone el agotamiento de estos y otros recursos naturales fundamentales para siguientes generaciones. Por ello, es de vital importancia realizar un consumo racional de estos recursos y concienciar de ello a la población, utilizándolos a tal ritmo que exista tiempo suficiente para su regeneración natural. El desarrollo de energías alternativas diferentes a las ya existentes también toma un papel fundamental en los congresos internacionales, ya que las energías primarias empleadas en la actualidad se

caracterizan por presentar un carácter limitado y contaminante, siendo fundamental buscar otros recursos y otras fuentes de energía para conseguir un desarrollo sostenible.

- La información y transmisión efectiva de la situación medioambiental actual, los principales factores que la causan y las soluciones que se plantean pasan por una educación ambiental de calidad, que se debe impartir de forma eficaz en los centros educativos y estar integrada en los planes de estudio y leyes educativas que regulan las enseñanzas de cada nación. De este modo, los alumnos, que serán los futuros políticos, científicos o simplemente ciudadanos formarán una sociedad mentalizada y concienciada con el medio ambiente, realizando una labor individual importante para el desarrollo sostenible que contribuirá a los retos globales propuestos en las Cumbres de la Tierra y demás protocolos y tratados internacionales.

A modo de resumen, es fundamental determinar los retos y acciones que debe tomar la población para resolver el problema medioambiental que atraviesa el planeta; pero es más importante aún transmitir ese conocimiento a todos los ciudadanos con el fin de que interioricen y asimilen las acciones que deben llevar a cabo y los retos que se les plantean.

## **5. Objetivos.**

El principal objetivo del presente TFM es explorar las percepciones y actitudes de un grupo de alumnos y alumnas del curso 4º de Educación Secundaria Obligatoria sobre la sostenibilidad energética y determinar cómo evolucionan dichas percepciones y actitudes tras la realización de unas actividades teórico – prácticas diseñadas y desarrolladas a tal efecto. De este modo, podremos comprobar si la preocupación de la ONU por el medio ambiente, manifestada en varios congresos y tratados internacionales, ha sido interiorizada y transmitida a la comunidad educativa de forma efectiva.

Como objetivo secundario, se pretende diseñar y desarrollar actividades que puedan unir los conceptos de biotecnología y energía sostenible en el marco de las conmemoraciones de los años 2012 y 2014, Año Internacional de la Energía Sostenible y Año de la Biotecnología en España, respectivamente.

## **6. Metodología.**

### **6.1. Caracterización de la Muestra.**

La población de la muestra analizada consta de alumnos y alumnas del Instituto de Educación Secundaria Rayuela en Móstoles (Madrid), pertenecientes al curso 4º de ESO. Concretamente, la muestra se compone de 27 alumnos y alumnas cuyas edades están comprendidas entre los 15 y 17 años (representando los alumnos de 15 y 16 años la mayor proporción de alumnos, mientras que tan sólo hay un alumno que tiene 17 años); siendo una fracción reducida de alumnos repetidores (4 estudiantes han repetido algún curso frente a 23 alumnos que han no han repetido ningún curso académico). Más de la mitad de los alumnos y alumnas han vivido desde que nacieron en el mismo domicilio (en la localidad de Móstoles), mientras que aproximadamente un tercio de los estudiantes han residido en otra vivienda anteriormente, situada en localidades cercanas como Alcorcón, Parque Coimbra o Madrid Centro, mientras que dos alumnos han residido en otras comunidades autónomas, como Cuenca y Alicante; o incluso otros dos alumnos han residido anteriormente en diversos países, como Argentina o Ecuador. Una fracción ligeramente superior a la mitad está compuesta por alumnos cuyos padres no presentan títulos universitarios ni estudios superiores.

### **6.2. Metodología y Diseño Experimental.**

Para realizar el estudio de las percepciones y actitudes de los alumnos de 4º de ESO del Instituto de Enseñanza Secundaria Rayuela se ha empleado un cuestionario abierto y anónimo como herramienta de recogida de datos; facilitado y contestado por parte de los estudiantes tanto al comienzo de la Unidad Didáctica titulada *Fuentes de Energía y Sostenibilidad* como al finalizar la misma.

#### **6.2.1. Técnica de Recogida de Datos: Cuestionario Abierto.**

El cuestionario de preguntas abiertas, se encuentra disponible en el Anexo I y ha sido adaptado tomando como referencia otros cuestionarios de la literatura (García, 2012; Aguirre – Bielschowsky et al., 2012). Las cuestiones y contenidos a analizar utilizando el cuestionario (además de recoger la información básica y académica del alumnado, como su edad, curso académico, repetición de cursos anteriores, etc.) son los siguientes:

- Intereses en referencia a la lectura, tipos de libros que suelen leer, etc. para conocer posibles fuentes de información en relación con este tema (periódicos, revistas, etc.).
- Actividades Extraescolares y aficiones.

- Concienciación por parte del alumnado de los problemas acerca de los recursos energéticos, causas de estos problemas y sus posibles soluciones.
- Aplicación de los conocimientos adquiridos sobre energías renovables y sostenibilidad tanto en acciones domésticas cotidianas como en el centro escolar.

Este cuestionario fue facilitado y completado por los alumnos en dos ocasiones, concretamente, al comienzo y al final de la Unidad Didáctica de *Fuentes de Energía y Sostenibilidad*.

### **6.2.2. Técnica de Análisis de Datos: Redes Sistémicas.**

Las respuestas que dieron cada uno de los alumnos a las preguntas del cuestionario se analizarán en el apartado 7. El análisis de los resultados se ha realizado a través de redes sistémicas (Bliss et al., 1983), que son una herramienta especialmente diseñada para organizar y analizar los datos cualitativos obtenidos a partir de cuestionarios abiertos, entrevistas y observaciones en el aula, etc. Con ayuda de esta herramienta, se pretende reconocer aquellos aspectos que pueden ser claves para ayudarles a evolucionar hacia puntos de vista más acordes con los del conocimiento científico en los razonamientos de los alumnos (Sanmartí, 2008).

### **6.2.3. Actividades Teórico – Prácticas realizadas en la Unidad Didáctica.**

Las actividades teórico – prácticas se han articulado considerando las siguientes etapas:

- Etapa de contacto, presentación al objeto de motivar a los alumnos y activar sus conocimientos previos; e introducir el contexto correspondiente y aquellos conceptos básicos necesarios.
- Etapa de desarrollo experimental donde se han realizado las actividades experimentales.
- Etapa de síntesis, profundización y transferencia, donde se pretende sintetizar todo lo visto con anterioridad.

La mayor parte de las actividades diseñadas para ser desarrolladas en el laboratorio trataban del estudio de energía sostenible, como el empleo de una célula fotovoltaica o la generación de potencial eléctrico a partir del ácido cítrico y dos electrodos introducidos en un limón.

Sin embargo, la actividad más elaborada en consonancia con los objetivos de este TFM, ver punto 5, sobre la unión de los conceptos de biotecnología y energía sostenible es la preparación de una columna típica de Winogradsky (Scientific American, 2013) a partir de agua estancada, sustrato (que puede ser un huevo cocido y tiras de papel de periódico) y una botella de plástico. A la anterior columna se le añadirán dos electrodos, una resistencia y un voltímetro

para medir la diferencia de potencial. La actividad microbiológica de las bacterias producen un flujo de electrones como consecuencia de su metabolismo natural, sin embargo, este efecto no es posible medirlo hasta transcurridos varios meses, pero la idea es que los alumnos entiendan que es posible una generación eléctrica y sin solución de continuidad dirigirles hacia un nuevo tipo de pila de combustible, las pilas microbióticas que actualmente se están utilizando por ejemplo para tratamiento de aguas residuales (NASA, 2001). Estas pilas se comercializan en kits didácticos en EE.UU. (KeegoTech, 2014) pero es factible su preparación en nuestros laboratorios porque básicamente consta de los materiales mencionados anteriormente (agua estancada, sustrato y dos electrodos situados en los extremos de la columna conectados mediante una resistencia).

Un resumen más detallado de las actividades teórico – prácticas realizadas en la unidad didáctica, se muestra a continuación:

### **Actividad 1: Debate sobre la energía y la sostenibilidad (Etapa de contacto).**

Durante la primera sesión lectiva, como etapa de contacto y presentación se realizó un debate en referencia a las imágenes ilustradas en la Figura 6.1 a, b y c; proponiendo como preguntas de partida las siguientes cuestiones, aunque más adelante pudieran surgir nuevos temas y asuntos de interés:

#### **Cuestiones:**

- ¿Cuáles son las causas del elevado nivel de polución en algunas ciudades?
- ¿Qué soluciones podemos aportar a esta situación?
- ¿Cómo funciona una Célula Fotovoltaica? ¿Y un aerogenerador?
- ¿Cuáles son las Transformaciones Energéticas que tienen lugar en estos Dispositivos?



**Figura 6.1.** a) Vista de Madrid con Polución (Fuente: Ethic.es); b) Placa Fotovoltaica usada para generar Electricidad mediante Radiación Solar (Fuente: Bi2green) y c) Aerogeneradores en un Parque Eólico (Fuente: Wikicommons).

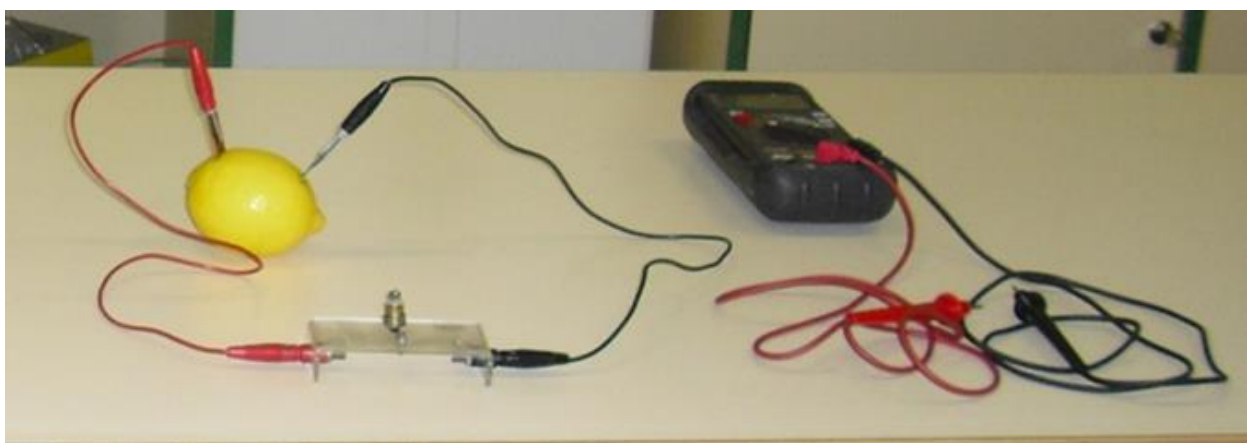
De este modo, se plantea el problema de la sostenibilidad como un reto actual y contextualizado, del que todos formamos parte. Es importante remarcar que los alumnos no comienzan desde cero con este tema, ya que en otras asignaturas, como Tecnología o Biología y Geología, han trabajado estos contenidos, además de escuchar y recibir información continuamente de los medio de comunicación sobre los efectos de la contaminación, contribución de gases de efecto invernadero, etc.

**Actividad 2: Actividades Teórico – Prácticas: Taller de energía sostenible (Etapa de Desarrollo Experimental).**

A partir de la segunda sesión lectiva, ya como etapa de desarrollo experimental, se realizaron una serie de prácticas de laboratorio, siguiendo y tomando como referencia los guiones que se muestran a continuación, que fueron trabajados, elaborados y evaluados por cada pareja de alumnos que realizaron las experiencias. Las sesiones de prácticas se realizaron por parejas de alumnos en dos turnos, ya que con un grupo tan numeroso (27 alumnos) resulta complicado realizar las prácticas en un solo turno.

**Práctica 1: Limones Eléctricos.**

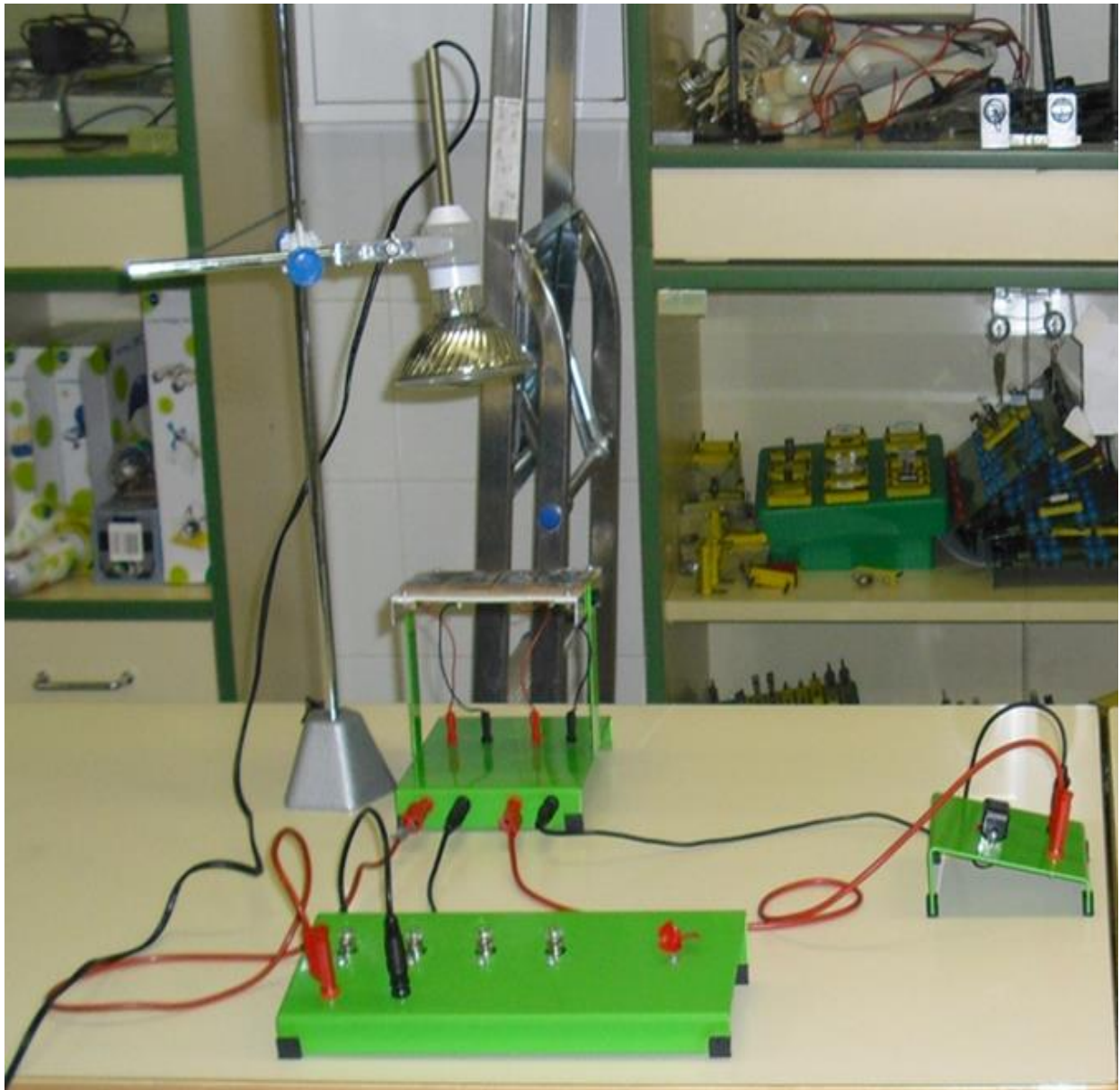
En esta práctica, para más detalle ver Anexo II, se llevó a cabo la generación de potencial eléctrico mediante la inserción de dos electrodos (uno de zinc y otro de cobre) en el interior de un limón (Figura 6.2), con el fin de que entraran en contacto con el ácido cítrico en su interior.



**Figura 6.2.** Imagen de la Práctica “Limones Eléctricos”.

## **Práctica 2: Célula Fotovoltaica.**

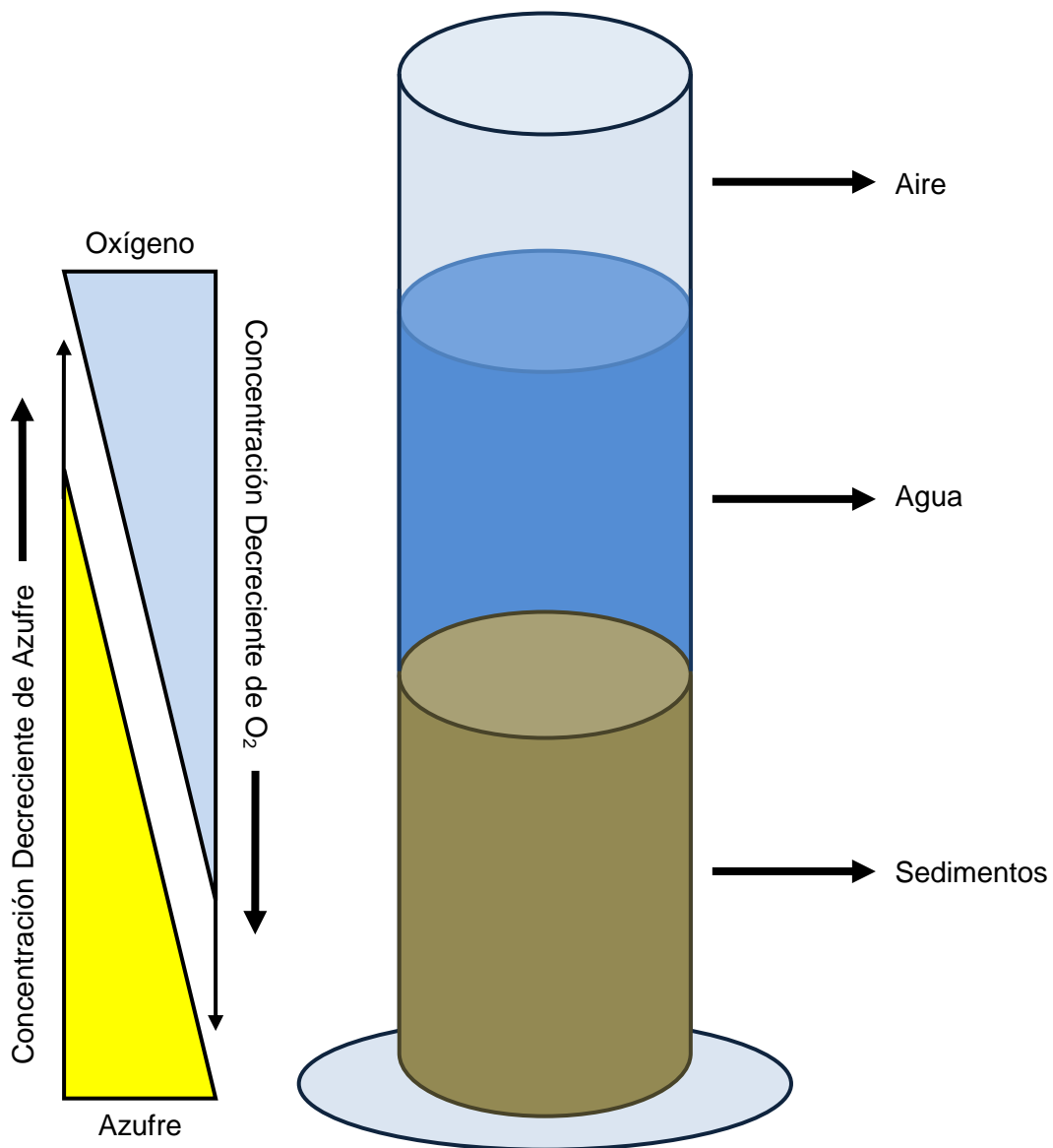
La instalación experimental de esta práctica, para más detalle ver Anexo III, consistía en dos circuitos independientes (uno con un zumbador y otro con un conjunto de bombillas en serie), cada uno de ellos conectado a sendas células fotovoltaicas independientes y un foco de luz, que actúa a modo de Sol, ver Figura 6.3. De este modo, al encender el foco, el zumbador comenzaba a emitir su sonido; y las luces comenzaban a brillar. A continuación se muestran imágenes de la instalación, tomadas durante la realización de esta práctica.



**Figura 6.3.** Imagen de la Práctica “Célula Fotovoltaica”.

**Práctica 3: Columna Biótica para Generación de Electricidad: Columna de Winogradsky.**

La realización de esta práctica se basa en la construcción de este tipo de columnas microbiológicas (Anexo IV), así como la medición del potencial generado en su interior a causa de los microorganismos que la componen a lo largo de los meses. En la figura 6.4 se detalla el esquema de la columna.



**Figura 6.4.** Esquema clásico de una columna de Winogradsky.

Para la elaboración de la columna, ver Figura 6.5., también se procedió a la visualización de un vídeo (How to Build a Winogradsky Column, 2009), para facilitar el procedimiento operativo.



**Figura 6.5.** Elaboración de una Columna de Winogradsky.

### **Actividad 3: Realización y Exposición de Murales (Etapa de Síntesis).**

Para la etapa de síntesis, se optó por plantear una actividad donde los alumnos/as pudieran dar rienda suelta a su creatividad y poner en juego todo lo visto con anterioridad. En primer lugar, se dividió a la clase en 9 grupos de 3 personas (en total, había 27 alumnos en este grupo de 4º de ESO). A cada uno de los grupos se le asignó un tema relacionado con las fuentes de energía y la sostenibilidad. De este modo, y dándoles unas directrices sobre cómo enfocar el tema (indicándoles dónde podían buscar información, páginas de internet interesantes y fiables, además de su libro de texto, y siempre con la entera disposición tanto de su profesora de física y química como del alumno en prácticas), realizaron un mural en una cartulina de tamaño DIN A2 (ver Figura 6.6.) durante las dos sesiones lectivas siguientes. Los temas de los murales y las directrices dadas a los alumnos fueron las siguientes:

- **La Energía y los Cambios.** El mural debe incluir los siguientes aspectos:
  - Concepto de energía. Unidades y Equivalencia entre las mismas.
  - Tipos de energía (eléctrica, química, térmica, etc.) y su denominación en función de las fuentes que la proporcionan (eólica, solar, etc.).
  - Transformaciones energéticas, ejemplos en los que se producen.

- **Conservación y Degradación de la Energía.** El mural debe incluir los siguientes aspectos:
  - Enunciado del Principio de Conservación de la Energía.
  - Degradación de la Energía como Pérdida de energía útil en cambios energéticos.
  - Definición de Rendimiento Energético y Resolución de un Problema Numérico en relación a este concepto.
- **Fuentes No Renovables de Energía.**
  - Definición de Fuentes Energéticas No Renovables.
  - Ejemplos más Característicos: Combustibles Fósiles (Carbón, Petróleo y Gas Natural) y Minerales de Uranio (Energía Nuclear).
  - Ventajas e Inconvenientes de las Fuentes Energéticas no Renovables.
- **Fuentes de Energía Renovables.**
  - Definición de Fuentes Energéticas Renovables.
  - Ejemplos más Característicos: Biomasa, Energía Solar, Energía Hidráulica, Energía Eólica, etc.
  - Ventajas e Inconvenientes de las Fuentes Energéticas Renovables.
- **La Contaminación. Sustancias contaminantes.**
  - Definición de Contaminación. Emisiones Antropogénicas y Naturales.
  - Sustancias Contaminantes.
  - Contaminación Atmosférica: Smog Fotoquímico.
- **La Lluvia Ácida.**
  - Definición de este Fenómeno (Lluvia Ácida).
  - Causas de su Formación (Incluyendo un Esquema).
  - Efectos de la Lluvia Ácida sobre los seres vivos y su entorno.
- **El Efecto Invernadero.**
  - Definición de este Fenómeno (Efecto Invernadero).
  - Esquema del Equilibrio Energético de la Tierra.
  - Efectos de este Fenómeno: Calentamiento Global y sus Consecuencias.
- **El Deterioro de la Capa de Ozono.**
  - Definición de este Fenómeno y sus causas.
  - Importancia del Ozono para el desarrollo de la vida en la Tierra.
  - Situación actual del Agujero en la Capa de Ozono.
- **Energía y Desarrollo Sostenible.**
  - El problema energético (Degradación de la Energía, Agotamiento de Fuentes Energéticas).
  - Relación entre Energía, Medioambiente y Sostenibilidad (Ambiental, Social y Económica).

- Medidas para una utilización de la energía (Ahorro Energético, Diversificación de Fuentes Energéticas, Impulso de Energías Renovables y Limpias) y Contribución de la Ciencia al Desarrollo Sostenible (Desarrollo de Nuevas Energías, Reciclado).

Una vez incluidos estos apartados en el mural, los estudiantes tenían total libertad para incluir cualquier dato e información que consideraran relevante en el tema, siempre y cuando estuviera dentro del contexto mencionado.

En las dos siguientes sesiones lectivas, cada grupo contó con 10 minutos para exponer su mural y su trabajo, participando todos los miembros del grupo en la exposición y pudiéndose apoyar con soportes audiovisuales e informáticos para ello. Se valoró la adecuación al tiempo proporcionado, la calidad de la exposición y el rigor científico de la información expuesta.

Tras la exposición de cada mural, se realizaron breves turnos de preguntas, tras los cuáles, los integrantes del grupo que ha realizado la exposición, propondrán una actividad o cuestión diseñada por ellos mismos (puede ser de carácter teórico o un problema numérico, como el cálculo del rendimiento energético).

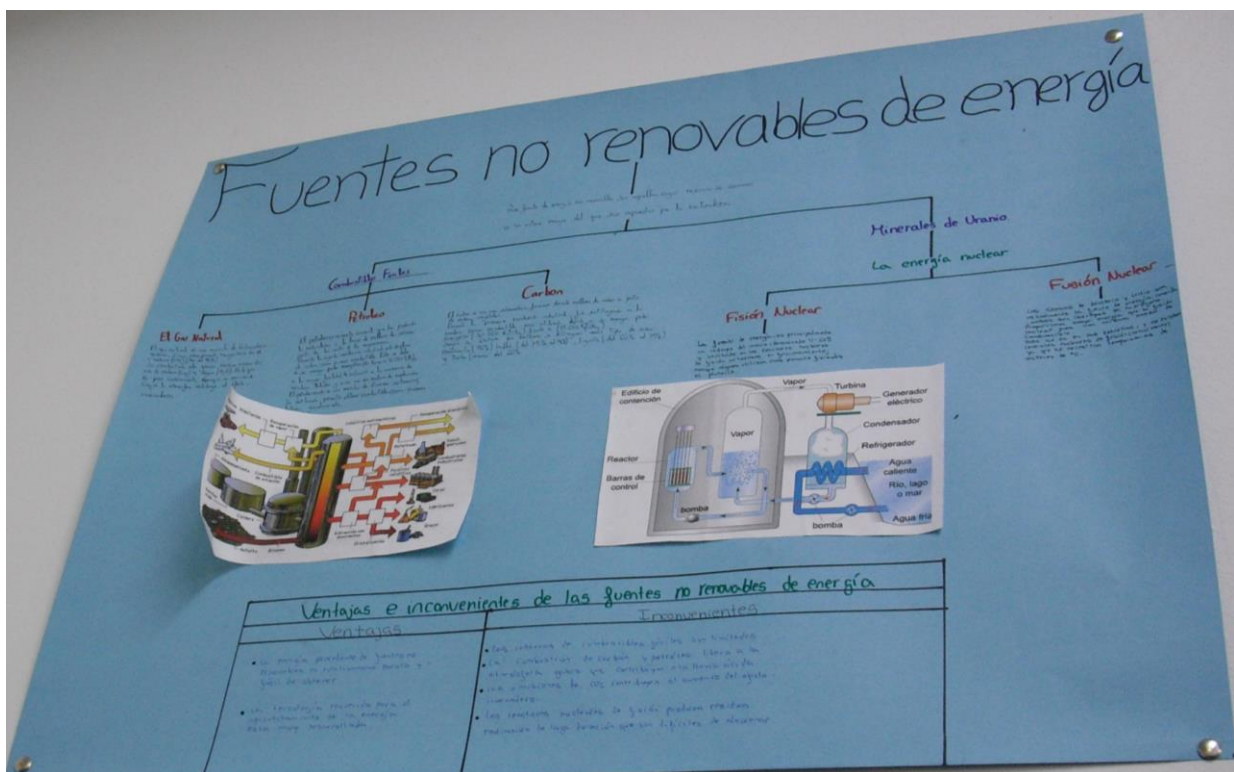
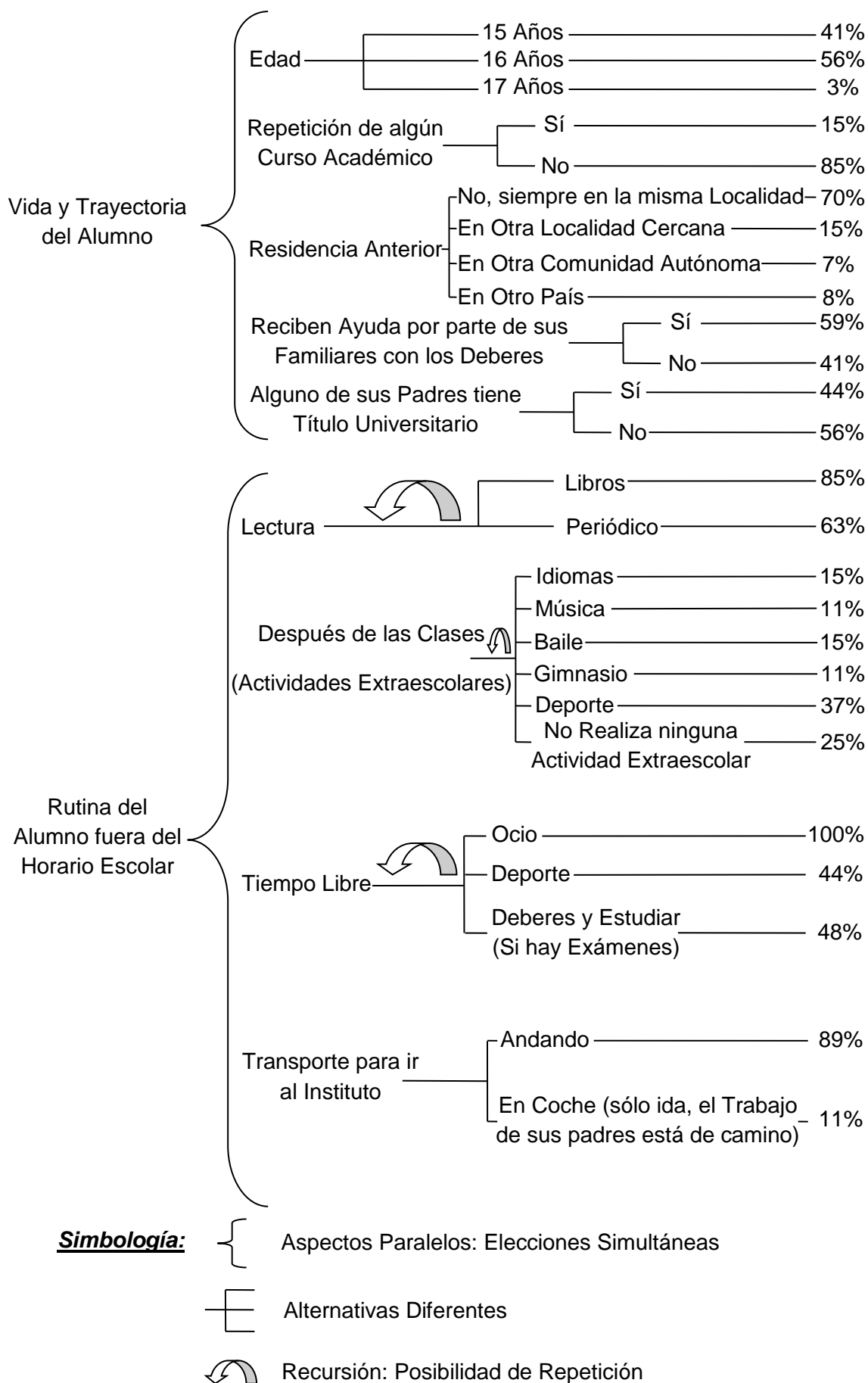


Figura 6.6. Ejemplo de mural elaborado por los alumnos.

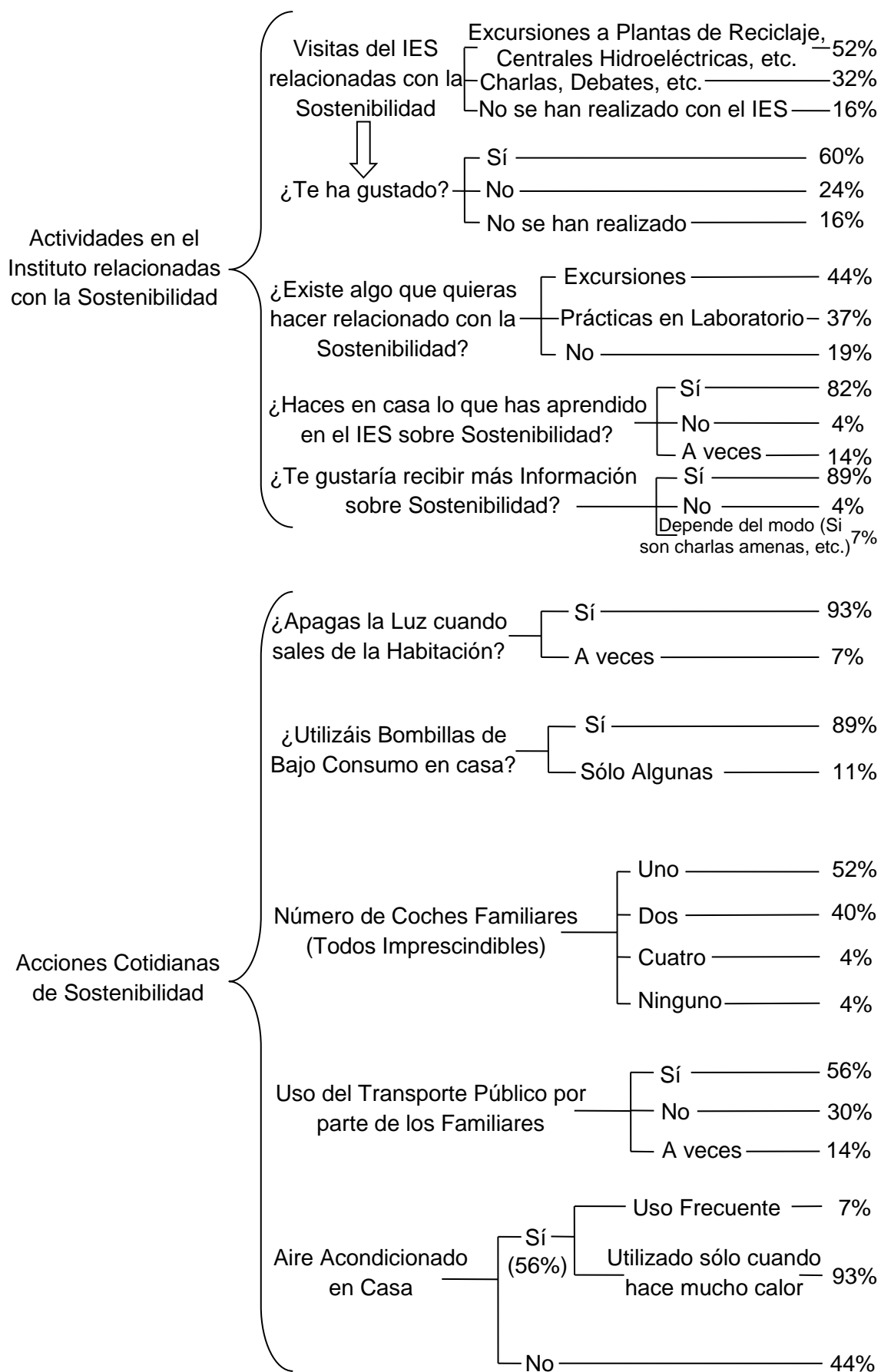
## **7. Resultados de los cuestionarios: Redes Sistémicas.**

Como se ha mencionado en el punto 6.2.1, los cuestionarios se componen básicamente de dos tipos de preguntas: aquellas cuestiones que son inherentes al alumno y no van a cambiar durante el período de trabajo en la Unidad Didáctica de *Fuentes de Energía y Sostenibilidad* (por ejemplo, la nacionalidad del estudiante, su edad o su antiguo lugar de residencia); y aquellas en las que se observa una evolución y reestructuración del conocimiento en relación a los temas de *Energías y Sostenibilidad* trabajados en la Unidad Didáctica, así como toma de conciencia y valoración crítica del problema energético actual. En relación a las respuestas que pertenecen a este segundo tipo de preguntas, se indicarán tanto las respuestas iniciales como las dadas por los alumnos al finalizar las actividades y el trabajo de los contenidos correspondientes a la Unidad Didáctica citada, mediante las correspondientes redes sistémicas, para analizar su evolución.

De este modo, las dos redes sistémicas representadas en las Figuras 7.1 y 7.2 resumen las respuestas proporcionadas por los estudiantes en relación a su vida, trayectoria académica, rutina fuera del horario escolar, actividades extraescolares, excursiones realizadas anteriormente en el instituto en relación con la sostenibilidad, número de coches en su núcleo familiar, instalaciones de aire acondicionado en su casa, etc. Mientras que las dos redes sistémicas que se ilustran en las Figuras 7.3 y 7.4 muestran la evolución del alumno en referencia a los contenidos relacionados con la sostenibilidad. En primer lugar, la red sistémica inicial de comprensión de conceptos en relación a la sostenibilidad, ver Figura 7.3, representa las respuestas proporcionadas por los alumnos en el cuestionario facilitado al comienzo de la unidad didáctica, antes de realizar ninguna actividad en relación con la sostenibilidad. Sin embargo, en la Figura 7.4 se tiene la red sistémica correspondiente a las respuestas de elaboradas por parte de los alumnos en los cuestionarios facilitados al terminar las sesiones lectivas que componían la unidad didáctica de fuentes de energía y sostenibilidad. A partir de las redes anteriores, se ha realizado un análisis la evolución y la reestructuración del conocimiento del estudiante desde el comienzo de la unidad didáctica hasta la finalización de la misma, comparando las redes sistémicas pertenecientes a las respuestas proporcionadas en sendos cuestionarios.



**Figura 7.1.** Red sistémica elaborada a partir de las respuestas en relación a la vida, trayectoria y rutina de los alumnos.



**Figura 7.2.** Red sistémica elaborada a partir de las respuestas en relación a actividades y acciones cotidianas del alumno en relación a la sostenibilidad.

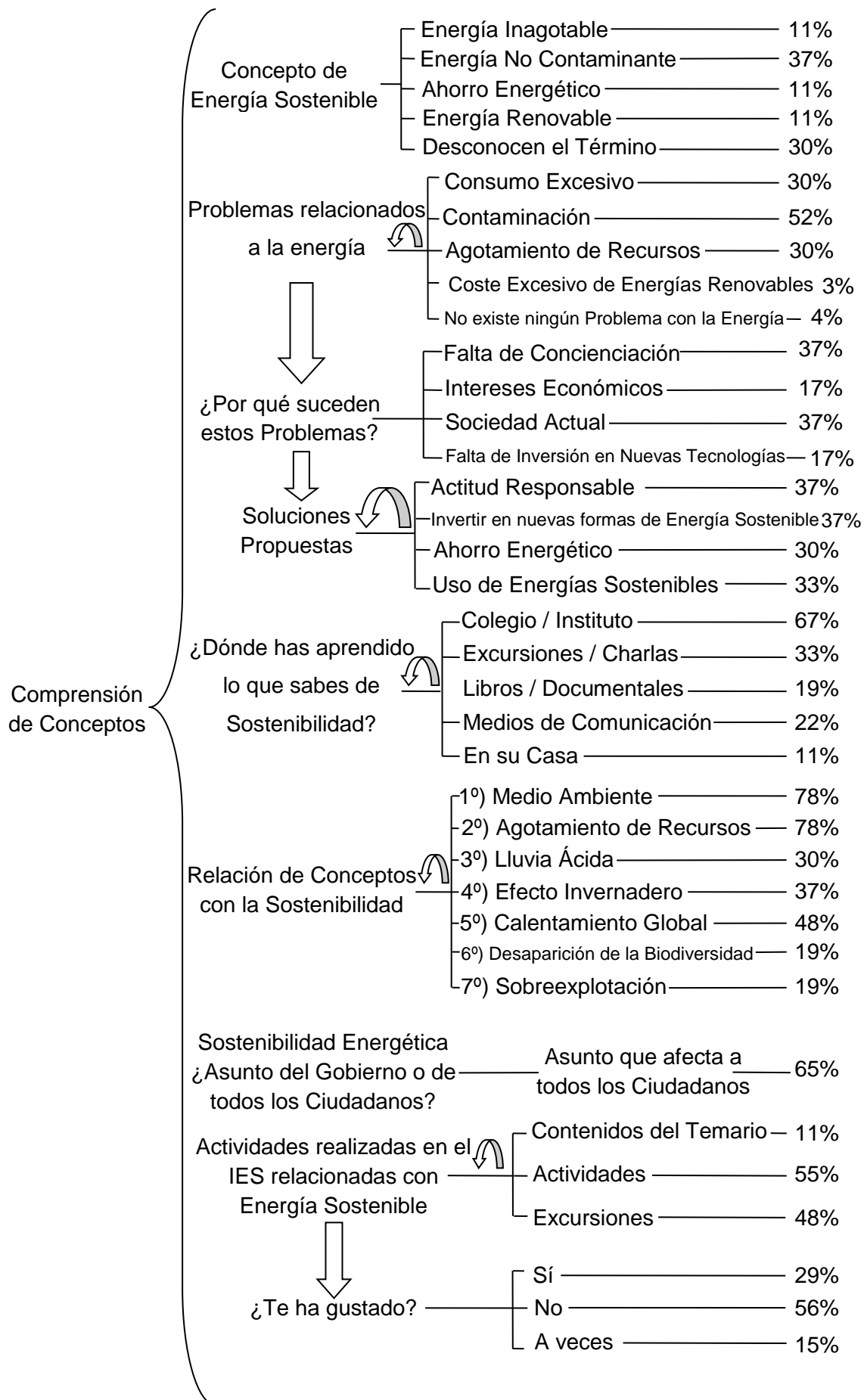


Figura 7.3. Red sistémica inicial de comprensión de conceptos en relación a la sostenibilidad.

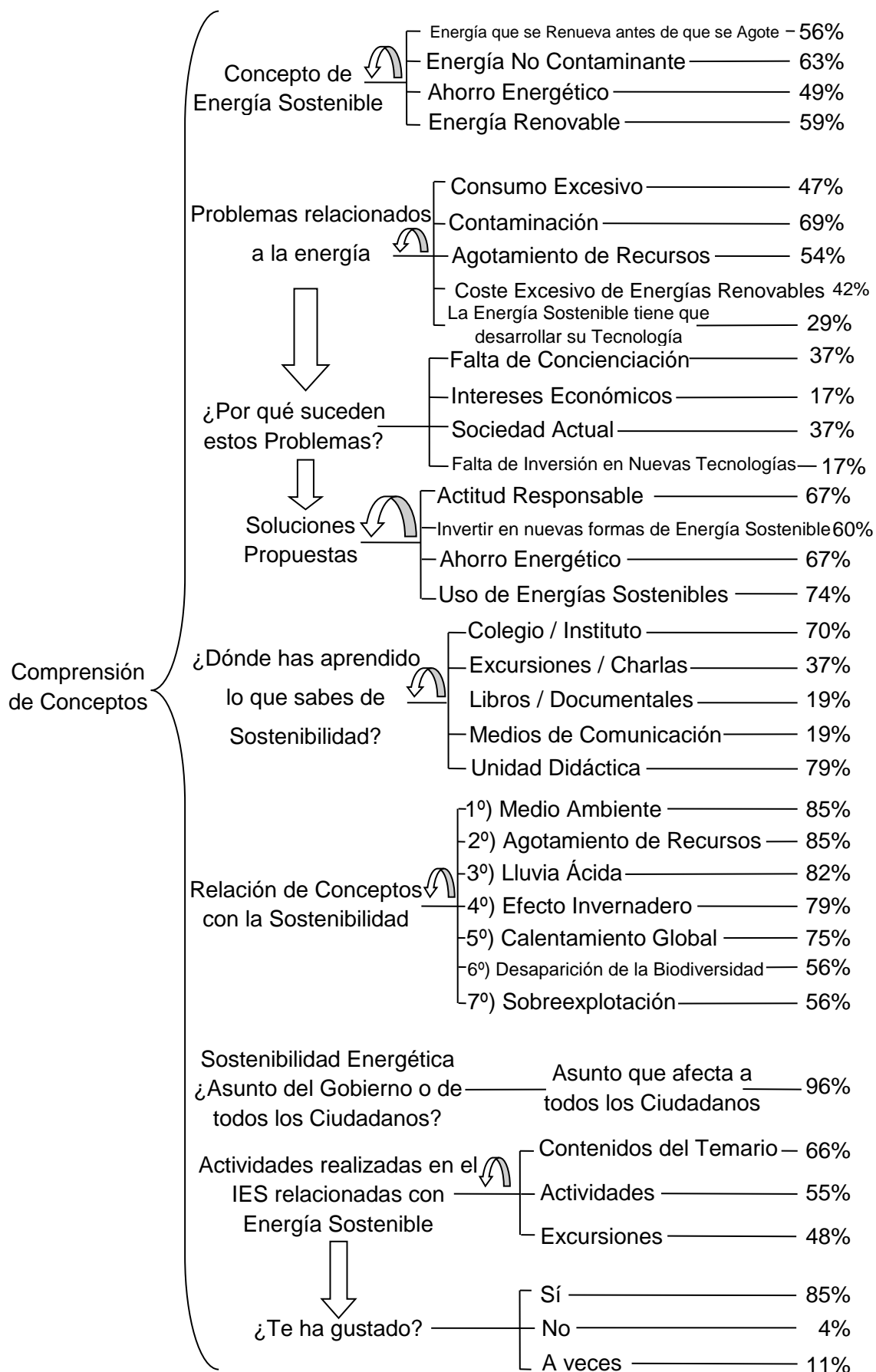


Figura 7.4. Red sistémica final de comprensión de conceptos en relación a la sostenibilidad.

## **8. Discusión e Interpretación de los Resultados Obtenidos.**

Los estudiantes que mayor concienciación ambiental presentaban eran aquellos que generalmente tienen padres con títulos universitarios, leen el periódico y libros además de los de texto trabajados en clase, hacen actividades extraescolares y han viajado o residido en otra localidad o país. De este modo, en el cuestionario, la mayor parte de los alumnos, como podemos ver en la Figura 7.3 presentan ideas y hábitos bastante acertados en referencia a la sostenibilidad energética, indicando que es un tema que nos afecta a todos, siendo conscientes de la existencia de un problema medioambiental e implicándose con las salidas y actividades relacionadas con la sostenibilidad en el centro. Casi la totalidad de los alumnos encuestados, indican que van al instituto andando, ya que su residencia está ubicada cerca del centro educativo, tan sólo tres alumnos señalaron que sus padres les llevaban en coche hasta el instituto, ya que estaba de camino a su trabajo y volvían andando a su casa. Ante la pregunta acerca de la energía sostenible, los alumnos intentaron dar respuestas que apuntaban en la dirección correcta, haciendo referencia a la reducción del impacto ambiental, a su carácter renovable y al ahorro energético. Algunas de las respuestas dadas por los alumnos fueron las siguientes:

*“Es aquella energía que no se agota y no contamina”.*

*“Energía renovable que tiene un menor impacto medioambiental”.*

En el cuestionario inicial, gran parte de los alumnos identificaron algunos problemas en referencia a la situación energética actual, elaborando sus respuestas a partir de la información previa relacionada con el tema o transmitida en los medios de comunicación. Algunas de las más características proporcionadas por los alumnos fueron las siguientes, aunque en el cuestionario final fueron más elaboradas:

- *“Sí, porque no encontramos fuentes de energía que no contaminen que cubran la demanda energética, y los combustibles fósiles se agotan”.*
- *“Las energías no renovables se están extinguiendo y tardan mucho en renovarse, millones y millones de años”.*
- *“Las energías renovables son caras y las no renovables contaminan”.*

Los alumnos indicaron inicialmente como causas de estos problemas el excesivo consumo energético, los intereses económicos de las empresas encargadas del abastecimiento energético, la falta de seguridad en centrales nucleares, el aumento de la dependencia energética y el elevado coste de las inversiones en energías renovables, a la vez que exponen las siguientes soluciones para resolver la problemática en referencia a la energía: la adquisición de hábitos de ahorro energético, la inversión en fuentes de energía sostenible,

evitar el uso de combustibles fósiles y dejar de lado los intereses económicos para invertir en investigación de energías sostenibles:

- *“Concienciarnos de los buenos hábitos, como apagar la luz, cerrar los grifos, etc.”.*
- *“No mirar tanto por lo económico y apostar por el futuro”.*
- *“Usar moderadamente las fuentes de energía no renovables y los combustibles fósiles; y usar otras forma de energía más limpia”.*
- *“Invertir en las nuevas formas de energía sostenible” ó “Hay grandes científicos investigando, seguro que hay solución”.*

Desde un primer momento, un 65 % de los alumnos tenía conciencia de que la situación energética actual era un tema que afectaba a todos los ciudadanos por igual:

- *“Todos somos necesarios para el ahorro energético y el cuidado del medio ambiente”.*
- *“Todos los ciudadanos somos los responsables de lo que pasa en la Tierra”.*
- *“Podemos poner de nuestra parte, pero es el gobierno el que debe tomar la iniciativa”.*

Sin embargo, al realizar la unidad didáctica y volver a facilitar el cuestionario a los alumnos, se observa una clara y notable evolución en referencia al tema de la sostenibilidad y el medio ambiente, ver Figura 7.4, siendo conscientes de todo aquello que está en sus manos para realizar alguna acción y contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad. En los cuestionarios que se facilitaron a los alumnos al final de la unidad didáctica de *fuentes de energía y sostenibilidad*, la totalidad de los alumnos indicaron que sí apagaban la luz al salir de su habitación, a excepción de un alumno, que hizo el siguiente apunte: *“sólo dejo la luz de la habitación encendida si no voy a tardar mucho tiempo en volver a entrar”.*

La mayor parte de los alumnos dio una respuesta elaborada y correcta acerca de la energía sostenible:

- *“Es aquella energía que se renueva a mayor ritmo que su consumo”.*
- *“Es la energía que se obtiene de fuentes renovables”.*
- *“Es energía no contaminante que se renueva antes de gastarla completamente”.*

Tras la realización de la unidad didáctica, los alumnos identificaron más concretamente los principales problemas en referencia al sector energético:

- *“Sí, que actualmente las fuentes más utilizadas son muy contaminantes”.*
- *“Hay ciertas energías que no se renuevan y acabarán agotándose, además de contaminar la atmósfera”.*
- *“Derrochamos demasiado y muchas veces no lo tenemos en cuenta”.*
- *“Son todo intereses económicos”.*

Además de proponer soluciones coherentes a los conflictos:

- *“Encontrar una fuente de energía barata, menos contaminante y que no se agote”*
- *“Reducir el precio de las energías renovables, y utilizarlas más”.*
- *“Desarrollar sistemas energéticos no contaminantes”.*

Estando aún más concienciados de que es un tema que nos afecta a todos los ciudadanos por igual, manifestándolo en las siguientes respuestas:

- *“Nos afecta a todos, los políticos pueden llevar a cabo planes de ahorro de energía generalizados, y nosotros en casa podemos realizar pequeñas acciones”.*
- *“Cada uno puede hacer algo para tener una mejor sostenibilidad energética, al final se ahorraría mucho”.*

Y aseguraron haber participado activamente y estar a gusto con las actividades realizadas en la unidad didáctica, haciendo referencia directa a las prácticas de laboratorio realizadas en el instituto:

- *“Es siempre más interesante y constructivo trabajar con efectos visuales y ejemplos, ya que la teoría es mejor aprenderla con la práctica y el aprendizaje es más rápido y eficaz”.*
- *“Siempre me gusta ir al laboratorio, porque puedo ver yo misma que se comprueba lo dicho en clase”.*
- *“Realizar experimentos ayuda a la comprensión de los contenidos teóricos y los refuerza. Me ayuda a entenderlos, se puede hacer de forma mucho más dinámica y podemos aprender cosas que están muy cerca de nosotros que a veces no vemos”.*

Aunque no está dentro de los objetivos propuestos (ver Apartado 5) a efectos simplemente instructivos se han comparado los resultados obtenidos con otros pertenecientes a un estudio anterior, a pesar de no haberse procedido a realizar un estudio de homogeneidad de los grupos muestreados. En el anterior trabajo se indagaba también sobre las percepciones y actitudes de unos alumnos de Educación Secundaria sobre la energía sostenible, pero a diferencia del grupo analizado en el presente TFM, los alumnos del anterior trabajo pertenecían a un centro escolar que participa en un programa internacional denominado *Ecoescuelas* (campaña internacional que surge en 1994, enmarcada dentro de la Unión Europea que tiene la finalidad de promover la educación ambiental para el desarrollo sostenible dentro de los centros de enseñanza infantil, primaria y secundaria, participando en este proyecto tanto alumnos como madres, padres y personal de administración y servicios de los centros educativos en cuestión). Inicialmente los alumnos que pertenecían al programa (*Ecoescuelas, 2006*) tenían más interiorizados los conceptos y las percepciones en cuanto a la sostenibilidad energética, sin

embargo, tras la realización de la unidad didáctica relacionada con este tema, la evolución de las percepciones y las actitudes de los estudiantes fue tan notable que igualaron o incluso superaron las mostradas en el estudio anterior, lo que a priori puede indicar que las actividades teórico – prácticas han logrado motivar al alumnado, según se perseguía.

### **8.1. Impacto de los Resultados Obtenidos en la Labor Docente.**

La implicación de los alumnos en el desarrollo de las actividades teórico-prácticas, especialmente diseñadas para introducir conjuntamente los conceptos de biotecnología y energía sostenible, ha sido mayor de lo esperado. Además de crear la motivación adecuada, tras su realización, las percepciones y actitudes sobre el problema energético han evolucionado acorde con el conocimiento científico acerca del tema; además de aumentar la concienciación al respecto. Ello sin duda ha repercutido en la autoconfianza como futuro profesional docente del autor del presente trabajo al objeto de implementar actividades basadas en aprendizaje por competencias.

### **8.2. Limitaciones del Estudio.**

De todos modos, hay que destacar el limitado tiempo disponible para el análisis de los cuestionarios y el reducido tiempo del que se contaba para realizar las actividades experimentales (6 sesiones lectivas). Aún así, los resultados son muy positivos y futuros trabajos pueden permitir optimizar en tiempo y espacio las actividades diseñadas.

### **8.3. Futuras Líneas de Investigación / Actuación.**

Una propuesta para futuros trabajos en relación con este tema sería la preparación de estas pilas microbióticas, que también están disponibles a nivel comercial con fines educativos (KeegoTech, 2014) y diseñar todo un conjunto de actividades didácticas con ellas para estudio de contenidos como reacciones de oxidación–reducción, electroquímica, desarrollo de microorganismos, tratamiento de agua residuales, etc.

## **9. Conclusiones.**

En base a los objetivos propuestos del presente TFM, las principales conclusiones alcanzadas son las siguientes:

- Los cuestionarios de pregunta tipo abierta, permitieron explorar las percepciones y las actitudes de un grupo de alumnos hacia la energía sostenible y el medio ambiente; así como su evolución tras la elaboración y el desarrollo de una unidad didáctica en la que se trabajan estos contenidos mediante las actividades que la componen.
- Las actividades teórico-prácticas diseñadas y desarrolladas para introducir conjuntamente los conceptos de biotecnología y energía sostenible han tenido una muy buena aceptación por parte del alumnado, y tras su realización, las percepciones y actitudes sobre el problema energético han mejorado, es más, los alumnos tras la instrucción muestran una mayor concienciación por el respeto del medio ambiente y una implicación personal motivada a la realización de acciones que contribuyan al ahorro energético y a la sostenibilidad.

## **10. Referencias Bibliográficas.**

- AOP (Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos), 2011. “El Petróleo. Capítulo 10: La Importancia del Petróleo en la Economía Mundial”, P. 1 – 6. Recuperado el 20 de mayo de 2014 de: <http://www.aop.es>
- A. García Mozo, L. Alberto Cristóbal, J. Peña-Martínez y A. Muñoz Muñoz. Percepciones y actitudes sobre la energía sostenible en alumnos de ESO. 2013. Pendiente de publicación.
- 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.
- Bi2green: Eficiencia Energética. Artículo: *Eficiencia de un Sistema Solar Fotovoltaico*. Recuperado el 20 de mayo de 2014 de: <http://www.bi2green.com/eficiencia-de-un-sistema-de-energia-solar-fotovoltaico/>
- BOCM (Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid) Número 126 (2007). Decreto Autonómico 23/2007, de 10 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el Currículo de la Educación Secundaria Obligatoria.
- BOE (Boletín Oficial del Estado). Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, P. 36.
- CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático), 2002. “Unidos por el Clima”.
- Comisión Europea, 1997. “Energía para el Futuro: Fuentes de Energía Renovables. Libro Blanco para una Estrategia y un Plan de Acción Comunitarios”. P. 1 – 10. Recuperado el 20 de mayo de 2014 de: [http://europa.eu/documents/comm/white\\_papers/pdf/com97\\_599\\_es.pdf](http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com97_599_es.pdf).
- Declaración del Milenio, 2000. UNEP. Recuperado el 28 de mayo de 2013 de: [http://www.unep.org/malmo/declaraci%C3%B3n\\_ministerial\\_de\\_malm%C3%B61.htm](http://www.unep.org/malmo/declaraci%C3%B3n_ministerial_de_malm%C3%B61.htm)
- Declaración final de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, Cumbre Rio+20, 2012. Recuperado el 20 de mayo de 2014 de: <http://www.unep.org/pdf/RIOFinalSP.pdf>
- Ethic.es: La vanguardia de la Sostenibilidad. Artículo: *Madrid incumple la ley europea sobre contaminación*. Recuperado el 30 de mayo de 2014 de: <http://ethic.es/2014/01/madrid-incumple-de-nuevo-la-legislacion-europea-sobre-contaminacion/>
- FEBiotec (Federación Española de Biotecnólogos) Año de la Biotecnología, 2014.
- García Fernández, R. 2013. Proyecto Fin de Carrera: Producción de Biodiésel a partir de la Microalga *Nannochloropsis Gaditana* mediante Catálisis Heterogénea Básica. Universidad Rey Juan Carlos.

- “How to Build a Winogradsky Column”, 2009. Disponible en Youtube a través del siguiente enlace. Recuperado el 20 de mayo de 2014 de:  
<http://www.youtube.com/watch?v=ivRxB3w41I0>
- IDEA (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) Ministerio de Industria Transporte y Comercio, 2011. “Plan de Fomento de Energía Renovable español del IDEA”. P. 1 – 14. Recuperado el 20 de mayo de 2014 de:  
[http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_Resumen\\_PER\\_2011-2020\\_15f3dad6.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Resumen_PER_2011-2020_15f3dad6.pdf)
- KeegoTech (2014). *MudWatt™. Discover the Power of the Microbes beneath your feet!* Recuperado el día 20 de Mayo de 2014 de: <http://www.keegotech.com/>
- NASA (National Aeronautics and Space Administration), 2001. *Building a Winogradsky Column*. Educational Product.
- Posada Rodríguez, R. y Barandiarán Piedad, J. 2010. Educando para un futuro sostenible: Una aportación desde las clases de ciencias de la ESO. *Revista Eureka. Enseñanza y Divulgación Científica*, 7 (Número Extraordinario), pp. 316 – 329.
- Programa Ecoescuelas de la Comunidad de Madrid. Recuperado el 20 de mayo de 2014 de: [http://www.madrid.org/dat\\_oeste/programa\\_ecoescuelas.htm](http://www.madrid.org/dat_oeste/programa_ecoescuelas.htm)
- Rincón Educativo, Energía y Medio Ambiente, 2009. Foro de la Industria Nuclear Española. Recuperado el día 12 de Marzo de 2014 de:  
<http://www.rinconeducativo.org/index.jsp?&lang=es&idmenu=2>
- Sanmartí, N. 2008. 10 ideas clave. Evaluar para aprender. Barcelona. Graó. pp. 38-40.
- Scientific American (2013). Soil Science: Make a Winogradsky Column. A microbe – dependent demonstration from Science Buddies. Recuperado el día 20 de Mayo de 2014 de: <http://www.scientificamerican.com/article/bring-science-home-soil-column/>
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) Secretariat, 2008. “Kyoto Protocol Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amounts”. Recuperado el día 20 de Mayo de 2014 de:  
[https://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/protocolo\\_de\\_kyoto/items/6215.php](https://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php)
- Wikimedia Commons, 2014. Free use images, sound, and other media files.

## Anexo I. Cuestionario.

### CUESTIONARIO DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

#### ENERGÍA SOSTENIBLE

Se trata de un cuestionario anónimo, por lo que no hace falta que te identifiques. Tampoco tiene valor académico, por lo que no tendrá relación con las notas del curso. Tan sólo se pretende obtener datos estadísticos y deducir conclusiones pedagógicas a propósito del currículo escolar y su eficacia con el tema tratado: *Energía Sostenible*.

Por tanto, dado que no tendrá repercusiones académicas para los alumnos, se ruega contestéis tomándoos el tiempo necesario para pensar las preguntas antes de contestarlas.

1. ¿Qué edad tienes?
2. ¿Qué curso estás haciendo? ¿Has repetido algún curso?
3. ¿Has vivido en algún otro sitio? ¿Dónde?
4. ¿Te ayudaban tus padres o algún hermano mayor con los deberes en casa, aunque fuera en cursos anteriores?
5. ¿Alguno de tus padres tiene título universitario?
6. ¿Lees libros, además de los textos, en casa?
7. Y el periódico ¿lo lees alguna vez?
8. ¿Qué haces después de las clases?
9. ¿Haces alguna actividad extraescolar?
10. ¿Qué haces los fines de semana?
11. ¿Qué transporte utilizas para venir al IES?
12. ¿Apagas la luz de tu habitación cuando sales?
13. ¿Qué es la *energía sostenible*? ¿Qué es para ti?
14. ¿Crees que existe algún problema con la *energía*? ¿Cuál? ¿Por qué?
15. ¿Por qué crees que estos problemas suceden?
16. ¿Crees que hay alguna solución? ¿Cuál?
17. ¿Dónde has aprendido lo que sabes de la *sostenibilidad energética*?
18. Subraya aquellos conceptos que creas que tienen alguna relación con la *sostenibilidad energética*: 1º Medio ambiente // 2º Agotamiento de recursos // 3º Lluvia ácida // 4º Efecto invernadero // 5º Calentamiento global // 6º Desaparición de la biodiversidad // 7º Sobreexplotación.

19. ¿Crees que la *sostenibilidad energética* es un asunto sólo para el Gobierno o también involucra a los ciudadanos individuales? ¿Por qué?
20. ¿Qué has hecho en el IES relacionado con la *sostenibilidad*?
21. ¿Te ha gustado?
22. ¿Hay salidas del IES relacionadas con la *sostenibilidad*? ¿Visitas a centrales eléctricas: convencional, eólica, solar, hidroeléctrica, cogeneración, biomasa? ¿Plantas de reciclaje?
23. ¿Te ha gustado? ¿Por qué?
24. ¿Hay algo más que te gustaría hacer relacionado con este tema?
25. ¿Tienes aire acondicionado en casa? ¿Lo usas a menudo?
26. ¿Tenéis bombillas de bajo consume en casa?
27. ¿Cuántos coches hay en tu familia? ¿Son todos imprescindibles?
28. ¿Tú familia utiliza el transporte público cuando puede?
29. ¿Haces en casa lo que has aprendido en el IES, en relación a la *sostenibilidad energética*?
30. ¿Te gustaría recibir información, charlas, debates en relación con la *sostenibilidad*?

## Anexo II. Práctica 1: Limones Eléctricos.

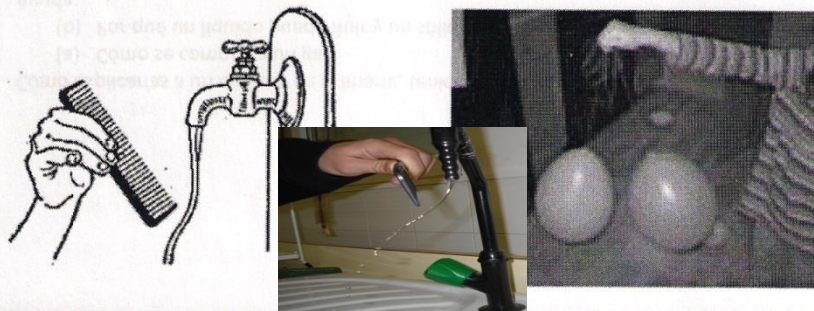
Para llevar a cabo la práctica titulada “Limones Eléctricos”, se empleó un guión disponible en la bibliografía (Rincón Educativo, 2009):

### LIMONES ELÉCTRICOS

Seguro que a menudo has intentado peinarte y lo único que has conseguido, al pasarte el peine, ha sido que te quedaran erizados y tiesos.

Probémoslo de otra forma:

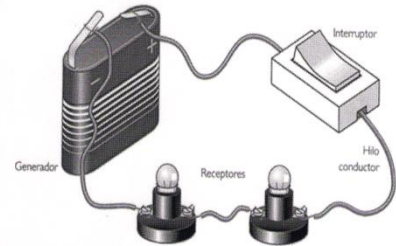
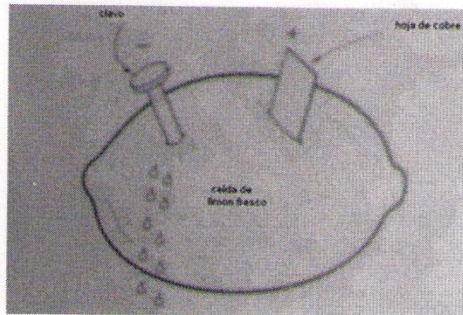
<p>Frota un peine de plástico sobre la superficie de tu ropa y acerca el peine al pequeño chorro de agua que sale del grifo.</p>	<p>Ahora, une dos globos con un mismo hilo y cuélgalos juntos. Después, por el lado por el que se tocan, frótalos durante un buen rato con un trozo de lana.</p>
<p>- ¿Qué observas?</p> <p>_____</p>	<p>- ¿Qué observas?</p> <p>_____</p>
<p>- ¿A qué crees que se debe?</p> <p>_____</p>	<p>- ¿A qué crees que se debe?</p> <p>_____</p>
<p>- ¿En qué dirección se curva el agua con respecto al peine?</p> <p>_____</p>	<p>- ¿En qué posición quedan los globos?</p> <p>_____</p>



Los griegos, concretamente Tales, el matemático, ya descubrieron la existencia de la energía estática frotando un trozo de ámbar con una pieza de ropa, (en el año 600 a.C.), pero no fue hasta 1570 que el inglés William Gilbert bautizó el fenómeno con el nombre de electricidad (del griego electrón, que significa ámbar). Esta forma de energía se llama electricidad estática, sin movimiento. Un cuerpo puede estar cargado de electricidad estática negativa o positiva.

A partir de lo que ha pasado con el peine, el agua y los globos, ¿cuál crees que es el comportamiento de las cargas?

Vayamos un poco más lejos, ahora coge un limón y hazle dos incisiones: en una introduce un trozo de cobre y en la otra uno de cinc, sin que los dos metales se toquen. Saca la lengua y acércala al limón hasta que toque los dos extremos metálicos al mismo tiempo.



¿Por qué se enciende la bombilla cuando alguien pisa el cartón?

¿Qué notas? ¿Por qué crees que ocurre?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

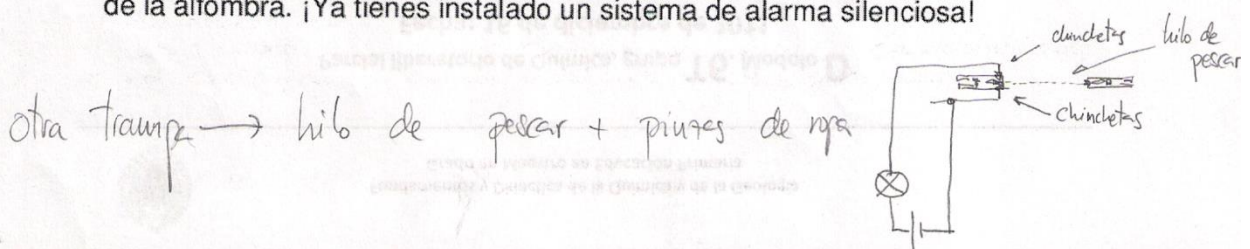
¿Qué tipo de comportamiento eléctrico tiene el aluminio?

Entre los metales y el ácido del limón se produce una reacción química que produce a su vez una corriente eléctrica. En este caso, la corriente no es estática, sino que se mueve, circula. Faraday fue el primero en producir una corriente eléctrica, en 1831, y lo consiguió desplazando un imán dentro de una espiral de hierro. La primera pila, fabricada por Alessandro Volta, es de la misma época, aproximadamente. La idea era la misma que la del limón: entre una placa de plata y una placa de cinc se colocaba un papel impregnado de agua salada; uniendo los dos metales con un hilo de hierro se producía una corriente eléctrica y, para que ésta fuera más intensa, se trataba de apilar unos cuantos de estos "bocadillos".

Ahora que ya tienes una pila, te gustaría ver que utilidad tiene, ¡claro!

Coge la pila, hilo eléctrico, un trozo de cartón delgado, papel de aluminio, cinta adhesiva y una bombilla con pie. Haz lo siguiente:

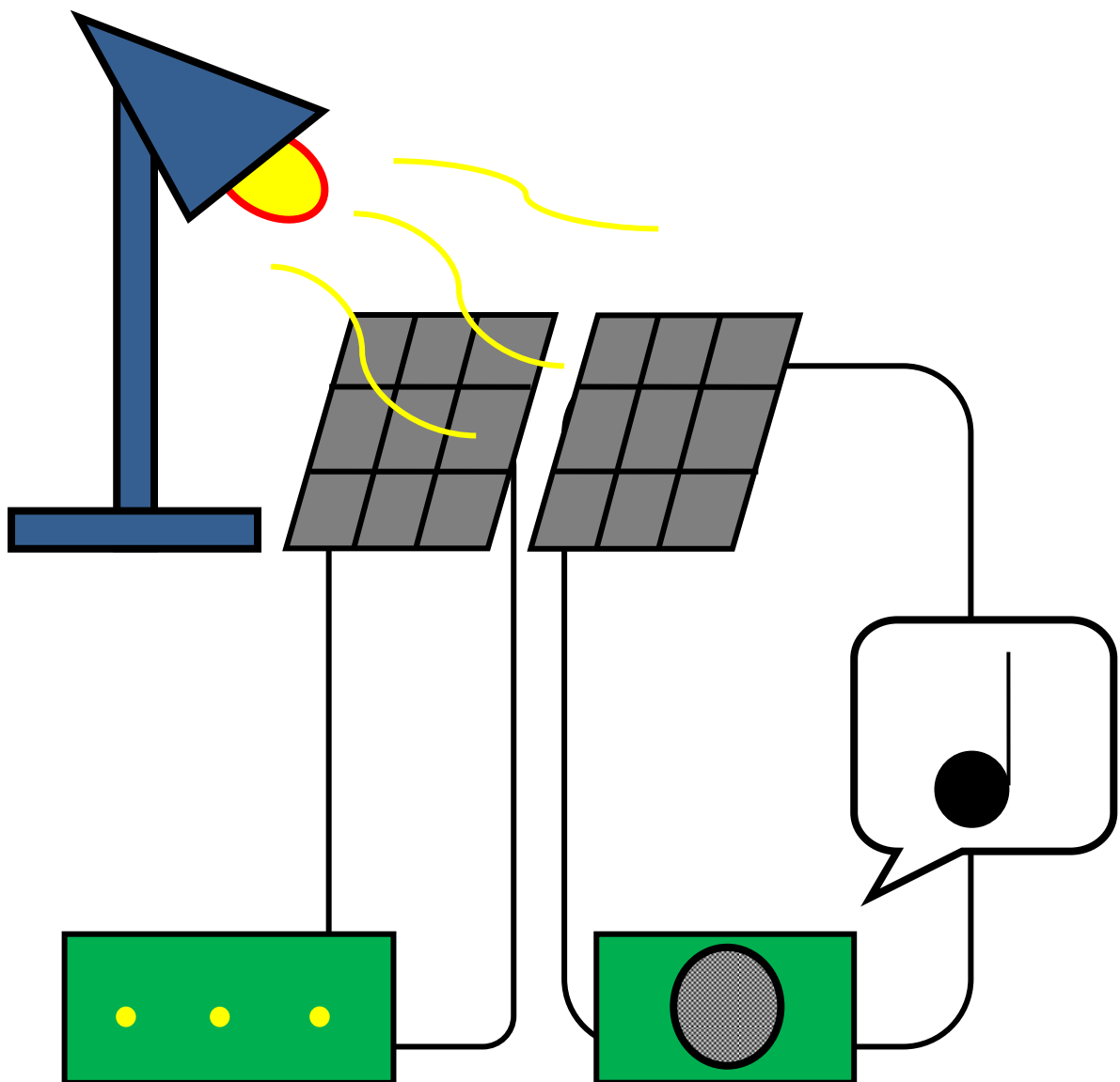
- Coge el rectángulo de cartón y dóblalo por la mitad.
- Enrolla un trozo de papel de aluminio alrededor de cada mitad.
- Fija un hilo eléctrico a cada trozo de aluminio con la cinta adhesiva.
- Une uno de los dos extremos libre de los hilos eléctricos a la pila y el otro a la bombilla.
- Para terminar, coloca el cartón al lado de una puerta y escondido debajo de la alfombra. ¡Ya tienes instalado un sistema de alarma silenciosa!



**Anexo III. Práctica 2: Célula Fotovoltaica.**

La instalación experimental de la práctica con la célula con la célula fotovoltaica contaba de dos circuitos independientes; uno con un conjunto de bombillas conectadas en serie y otro con un zumbador, unidos a sendas células fotovoltaicas; además de un foco que iluminaba las placas fotovoltaicas con el fin de generar electricidad mediante radiación luminosa.

El objetivo de esta práctica residía en que los alumnos interiorizasen el leve impacto ambiental que producen las energías limpias y el carácter inagotable de las energías renovables, como la energía solar.



**Esquema 1.** Diagrama de la Instalación Experimental de la Práctica Célula Fotovoltaica.

### **Anexo IV. Práctica 3: Columna de Winogradsky.**

Para la realización de esta práctica, se utilizó el siguiente guión, con el fin de introducir los conceptos más importantes:

#### ***¿Qué es un microbio?***

Los microbios son seres vivos que sólo se pueden ver con el microscopio. La mayoría están formados por una sola célula, y como todos los seres vivos necesitan alimentarse y respirar para crecer y reproducirse. Algunos de ellos son patogénicos y causan enfermedades, aunque la mayoría son benéficos y cumplen funciones esenciales para la vida de otros organismos.

#### **¿Puedes nombrar algunas de estas funciones?**

#### ***Relación entre el ambiente y el crecimiento de microorganismos.***

Los microbios tienen preferencias respecto a lo que comen, a lo que respiran, a la temperatura a la que vivir y al pH del ambiente, porque cada especie tiene su propio metabolismo. El metabolismo es el conjunto de reacciones bioquímicas y procesos físico – químicos que ocurren en una célula. Debido a estas preferencias, cada especie se encontrará en ambientes específicos que tengan determinadas características. Por ejemplo, el moho que crece sobre el pan necesita de hidratos de carbono presentes en éste para nutrirse y el oxígeno para respirar y se adaptaría mal a las condiciones presentes, por ejemplo, en los sedimentos de un humedal, donde no hay oxígeno. **¿Qué tipos de ambientes diferentes conoces?**

La columna de Winogradsky es un dispositivo sencillo que permite el cultivo de una gran diversidad de microorganismos. El montaje consiste en un cilindro lleno de agua y fango, provisto de una fuente de carbono orgánico (papel de periódico, serrín, etc.) y otra fuente de azufre (que puede ser una yema de huevo). Incubando esta columna bajo la luz solar durante semanas, se forman un gradiente de oxígeno y otro gradiente de sulfuros, que determinan una amplia variedad de ambientes estratificados en los que se disponen las diferentes especies. La columna de Winogradsky (ecología microbiana en una botella) es una demostración clásica de cómo los microorganismos ocupan “microespacios” altamente específicos de acuerdo con sus tolerancias medioambientales y sus necesidades vitales (requerimientos de carbono y energía) y que, además, ilustra cómo diferentes microorganismos desarrollan sus ciclos, y la interdependencia que llega a existir entre ellos (las actividades de un microorganismo permiten crecer a otro y viceversa). Esta columna es un sistema completo y autónomo de reaprovechamiento, mantenido sólo por la energía de la luz.

El método experimental seguido es el siguiente (Scientific American, 2013):

### **Materiales necesarios para construir Una Columna de Winogradsky:**

- Una botella de plástico (de cualquier capacidad superior o igual a 50 cl). Suelen funcionar mejor las botellas alargadas y con las paredes no rígidas.
- Tijeras.
- Cutter.
- Rotulador permanente (indeleble al agua).
- Regla.
- Pala de Plástico.
- Cubos con tapadera o botellas de gran capacidad (1,5 litros o 2 litros aproximadamente) para llevar el lodo y el agua estancada hasta el laboratorio.
- Agua estancada, recogida con fango o lodo presente en un lago, charco o estanque cercano. Añadir Arena, alguna hoja, pequeña rama o piedra cercana al lugar donde se ha recogido el agua.
- Guantes desechables.
- Cuchara o Espátula de Laboratorio.
- Dos Vasos de Precipitados.
- Una hoja de periódico.
- Papel de plástico transparente para embalar.
- Un huevo cocido.
- Una superficie vacía y despejada, como un escritorio o una mesa, que reciba luz directa del Sol y donde poder dejar incubando las columnas microbióticas elaboradas.
- Dos electrodos.
- Cables.
- Resistencia.
- Polímetro.

### **Preparación de los Materiales:**

- Quitar los papeles y envoltorios que rodean las botellas del mejor modo posible, eliminando también los restos de pegamento que puedan quedar adheridos. De este modo, la radiación que recibirá el contenido de la botella será mayor.
- Cortar con cuidado las tapas de las botellas. Puede ser necesario emplear tanto las tijeras como el cutter para realizar este paso. Guardar las cabezas de las botellas con el tapón, ya que podrán ser utilizadas como embudos más adelante.
- Hacer una marca con el rotulador permanente a la altura donde la botella se llenaría aproximadamente hasta el 85 % de su capacidad. Este será el nivel hasta el que llenaremos las botellas con el agua estancada, el lodo y arena recogidos.

- Si no se ha realizado anteriormente, ir a un lugar donde haya agua estancada con fango y recogerlo con ayuda de una pala de plástico en las botellas grandes o en los cubos. Es conveniente introducir alguna pequeña piedra o arena en los recipientes, ya que son estructuras que sirven como fuente de millones de microorganismos. Utilizar los guantes y procurar llevar ropa de deporte y cómoda, que no importe mucho si se manche o se rompe. La mitad de la capacidad del cubo o de la botella debe ser llenada de agua estancada; el resto del recipiente, con lodo, fango, pequeñas piedras y arena.
- Con ayuda de las tijeras, recortar la hoja de periódico en finas tiritas que se almacenaran en un vaso de precipitados o en otro recipiente disponible. Estas tiras de papel de periódico actuarán como fuente de carbono, proporcionando la energía necesaria para el crecimiento microbiano.
- Es de gran ayuda contar con el huevo cocido, ya que en este estado, su manipulación es más sencilla y no corremos riesgo de mancharnos. Pelar el huevo cocido, desechando la clara y depositando la yema en otro vaso de precipitados y aplastarla hasta que coja textura de puré. La yema de huevo contiene azufre, que muchos microorganismos del lodo utilizarán como fuente de energía.

#### **Elaboración de la Columna de Winogradsky:**

- Después de ponernos unos guantes desechables, agitar la mezcla de agua estancada, fango, piedras, arena, hojas y ramas hasta obtener una textura homogénea.
- Llenar la botella con la mezcla de lodo hasta aproximadamente dos tercios de su capacidad, con ayuda de la cabeza de la misma, empleada como embudo.
- Añadir aproximadamente un tercio de la yema de huevo en la botella.
- Añadir aproximadamente la mitad de una de las hojas de periódico triturada en la botella.
- Mezclar el fango con las tiras de periódico y la yema de huevo hasta obtener de nuevo una textura homogénea.
- Completar el llenado de la botella hasta la marca señalada con el rotulador permanente.
- Cubrir el corte de la botella con papel de plástico transparente para envolver y trasladarlas, con cuidado de no derramar el líquido, hacia una zona soleada y despejada, donde puedan permanecer incubando durante varias semanas. De este modo, se producirá la estratificación de los sedimentos en el interior de la botella.
- Introducir los electrodos tanto en el estrato inferior como en la zona superior de la misma, donde el agua quedará más clara. Conectarlos mediante un cable para cerrar el circuito con una resistencia, de este modo, se establecerá una pequeña diferencia de potencial entre los extremos de la columna de Winogradsky, fácilmente medible con ayuda de un polímetro digital configurado en la escala adecuada.