

LA TRANSFORMACIÓN BIOLÓGICA DE LA BIOMASA DESDE UN ENFOQUE CTS. UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA CIENCIAS NATURALES EN LA ESB (12 A 14 AÑOS)

Alicia E. Seferian

Profesora de Enseñanza Media y Superior en instituciones educativas. Argentina
aliseferian@yahoo.com.ar

[Recibido en Agosto de 2006, aceptado en Noviembre de 2006]

RESUMEN ^(Inglés)

La presente propuesta didáctica, aborda temas relacionados con la transformación biológica de la biomasa dentro del encuadre CTS, en el contexto de la ciencia escolar que tiene como meta la interpretación de las situaciones de la vida diaria en el marco de modelos teóricos creíbles y útiles que irán evolucionando; mientras que la metodología empleada se basa en la resolución de problemas abiertos que generan mayor predisposición y diálogo en la clase.

Palabras claves: bacterias metanogénicas; biomasa; ciencia escolar; CTS; problemas abiertos; purificación de aguas.

INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años los enfoques alternativos en Didáctica de las Ciencias han propiciado un cambio sustancial en referencia a la enseñanza tradicional; han remarcado entre otras cuestiones, la importancia de la participación del alumno en el aula (Hodson, 1993, Campanario y Moyá 1999), en un trabajo activo y de colaboración, que se opone a la visión antiheurística estereotipada del alumno sobre las producciones del laboratorio que se relacionan con el tratamiento de los datos mediante algún algoritmo sin cuestionamientos ni elaboraciones teóricas (Reigosa Castro y Jiménez Aleixandre, 2000).

Desarrollos más recientes en ciencias de la educación, hacen referencia al conocimiento escolar que, según expresa García (2002), "(posee) sus propias características epistemológicas que supone una mejora del conocimiento cotidiano y que integra los aportes de muy distintas formas del conocimiento".

Dentro de este marco teórico podemos entender la ciencia escolar como la complejización y evolución paulatina y conjunta del conocimiento cotidiano y científico. Lo cual sucede por medio de la interacción entre ambas formas de conocimiento propiciado desde las aulas, y no como el enfrentamiento entre dos posturas antagónicas.

Se trata, pues, de un proceso evolutivo de progresión que concede mayor importancia al proceso en sí mediante la resolución de problemas cotidianos en la medida que éstos afectan nuestras vidas y que requieren para su tratamiento otras formas de conocimiento. Este tipo de conocimiento sólo puede darse en el ámbito educativo donde se puede comprender nuestro entorno desde una perspectiva sistémica metadisciplinar que caracteriza al conocimiento escolar (García, 2002).

Por otra parte, una de las líneas de investigación en Didáctica de las Ciencias estriba en el estudio de relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), que desde hace algunos años ha cobrado relevancia a nivel internacional. Al iniciarse el siglo XXI, nuestros alumnos y futuros ciudadanos, no pueden carecer de una formación que les posibilite la comprensión de cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología ya que limitaría su capacidad de decisión frente a estas problemáticas contemporáneas. Importantes proyectos de organismos internacionales como la UNESCO han presentado propuestas que contemplan las interacciones CTS (Gil-Pérez et al., 2005) a propósito de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014) promovida por la ONU.

La educación desde un enfoque CTS, según resalta Acevedo (1996), "es una innovación destinada a promover una extensa alfabetización científica y tecnológica .." para todos los ciudadanos, entendida como la comprensión del conocimiento que nos permita interpretar, según se expresó anteriormente, la realidad actual íntimamente ligada a la ciencia y a la tecnología en la vida cotidiana y, a su vez, concienciar en los aspectos éticos que se requieren para una actuación ciudadana responsable, además de facilitar la adquisición de competencias propias de las Ciencias Naturales.

Cabe resaltar que diversos países han incorporado en los objetivos de su currícula la alfabetización científica y tecnológica lo que permitirá un cambio significativo en la práctica docente

En definitiva, si se logra una adecuada interpretación de la orientación educativa en CTS, esto permitirá al docente presentar clases originales con un clima de trabajo que promueva la interacción y la comunicación comprensiva en el aula, además de animar, apoyar y potenciar las iniciativas de los alumnos.

Acevedo (1996) resume y reelabora un conjunto de funciones básicas que caracterizan el papel del docente en el marco de la enseñanza CTS (tabla 1).

Una de las herramientas didácticas afín al encuadre CTS en la enseñanza, e íntimamente relacionado con la ciencia escolar, es la resolución de problemas abiertos, que se trasluce en las funciones citadas anteriormente y que requieren un compromiso por parte de los alumnos por cuanto tienen que generarles interés; deben concebirse contextualizados y con un grado de dificultad acorde al nivel; deben suscitar la necesidad de informarse, de discutir, de evaluar la información que se posee entre los integrantes del grupo; pueden permitir el desarrollo de competencias complejas; generan la oportunidad de reflexionar sobre lo que se está aprendiendo (metacognición), entre otras cuestiones que no profundizaremos en esta propuesta.

Este tipo de estrategia didáctica se opone al planteamiento desde una perspectiva transmisiva sobre el desarrollo de conocimientos, donde los alumnos consideran el laboratorio como un lugar donde hacen cosas pero no perciben realmente el significado

de lo que hacen (Novak y Gowin, 1984). Este tipo de planteamientos se sustenta en experimentos receta que a lo sumo incorporan algún algoritmo y no requieren habilidades de resolución de problemas ni pensamiento creativo (de Jong, 1998). En contraposición, trabajar con problemas, requiere que el sujeto reorganice sus ideas, invente nuevas relaciones posibles, reinterprete el problema y, finalmente, produzca de algún modo una nueva situación problemática (Garret, 1998)

1. Dedicar tiempo suficiente a planificar los procesos de enseñanza-aprendizaje y la programación de aula, así como a la evaluación de la enseñanza practicada para mejorarla.
2. Son flexibles con el <i>curriculum</i> y la propia programación.
3. Proporcionan un "clima" afectivamente acogedor e intelectualmente estimulante, destinado a promover la interacción y la comunicación comprensiva en el aula.
4. Tienen altas expectativas sobre sí mismos y sus alumnos, siendo capaces de animar, apoyar y potenciar las iniciativas de éstos.
5. Indagan activamente, mostrándose deseosos de aprender nuevas ideas, habilidades y acciones, incluyendo tanto las que provienen de la psicopedagogía como de la actualidad científica y tecnológica y del ámbito social. También son capaces de aprender con sus compañeros y con sus alumnos.
6. Provocan que surjan preguntas y temas de interés en el aula. Siempre piden fundamentos o pruebas que sostengan las ideas que se proponen.
7. Potencian la aplicación de los conocimientos al mundo real. Dan tiempo para discutir y evaluar estas aplicaciones.
8. Hacen que los alumnos vean la utilidad de la ciencia y la tecnología y les dan confianza en su propia capacidad para utilizarlas con éxito. No ocultan, sin embargo, las limitaciones de éstas para resolver los complejos problemas sociales.
9. No contemplan las paredes del aula como una frontera, ya que creen que el aprendizaje debe trascenderla. Llevan a clase personas y recursos diversos. Educan para la vida y para vivir.

Tabla 1.- Algunas funciones características del profesorado que pone en práctica la educación CTS (Acevedo, 1996).

En las clases tradicionales, en las que rara vez se da a los estudiantes la posibilidad de participación en búsquedas de alternativas en resolución de problemas abiertos, no existe el diálogo, ni menos aún la argumentación, ya que no es posible "hablar ciencias" y no se genera producción ni circulación de conocimiento (Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003). Es por ello que, si no es posible una reconstrucción reflexiva y una interpretación escrita que permita llegar a un consenso

y explicitar una visión de mundo (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999), los experimentos realizados carecerán de sentido para los alumnos.

Izquierdo et al., (1999) expresa con respecto a las teorías escolares que "(...) empiezan siendo muy globales y poco precisas y pueden ser consideradas como una *prototeoría escolar*, pero deben irse desarrollando y concretando para formar las teorías que, poco a poco, van dando al mundo el sentido que le dan los científicos. Es decir, el estudiante no aprende de una vez por todas la teoría *buena*, sino teorías incipientes que van desarrollándose y evolucionando a lo largo de los años escolares y durante toda la vida."

Los primeros estudios en didáctica de las ciencias se refieren a las *concepciones alternativas* de los alumnos que, según expresa Millar (1989, citado en Martínez Torregrosa, Domenech y Verdú, 1993): "(...) *la mayoría de los profesores han oído hablar de ideas espontáneas, incluso sabe cómo detectarlas, pero la seguridad se acaba cuando se enfrentan al problema de cómo organizar la enseñanza recogiendo las nuevas ideas para fomentar el aprendizaje significativo*", que entre otras consideraciones: tienen su propia lógica, se relacionan con el pensamiento cotidiano, les permite explicar los fenómenos y persisten en el tiempo.

Sin embargo, los resultados a través de los años no han sido alentadores ya que los alumnos, por una parte, sienten que todo lo que piensan o dicen es erróneo y, por otra, tratan de "aprender" aquello que el docente desea para la clase, pero prosiguen con su pensamiento cotidiano a la hora de interpretar un suceso.

Es necesario, entre otras cuestiones, que el docente presente de manera adecuada el tema de modo que genere interés y que permita, a su vez, percibir hechos desconocidos de la naturaleza que serían poco probables de interpretar por los alumnos (Benlloch, 1994)

Los problemas abiertos logran una mayor interacción en el aula, así como también un incremento de la predisposición para el diálogo y la opinión, lo que permite generar modelos teóricos escolares perfectibles que se desarrollan en la medida que es posible incorporar ideas científicas de complejidad creciente.

Cabe destacar que las capacidades de comprensión y expresión en el alumno se adquieren fundamentalmente a través de actividades que favorezcan la expresión oral y escrita, convenientemente organizadas en secuencias de aprendizaje que contemplen la dificultad que presenta la polisemia de las palabras (Senabré, 2000).

La presente propuesta didáctica, por todo lo expuesto, aborda temas relacionados con el ambiente dentro del encuadre CTS, en el contexto de la *ciencia escolar* que tiene como meta la interpretación de las situaciones de la vida diaria en el marco de modelos teóricos creíbles y útiles que irán evolucionando; mientras que la metodología empleada para ello tiene que ver con la resolución de problemas abiertos, que generan mayor predisposición y diálogo en la clase y que, con el adecuado andamiaje docente, permiten el logro de modelos teóricos escolares cada vez más perfectibles.

BACTERIAS METANOGENICAS: EXPERTAS EN RECICLAJE Y PRODUCTORAS DE "GAS DE LA COCINA Y ESTUFAS". PURIFICACIÓN DE AGUAS POR MICROORGANISMOS:

Las aguas negras o residuales que poseen residuos cloacales vertidos por las grandes ciudades a los ríos, requieren de un proceso riguroso de depuración que permita su reciclado para uso domiciliario.

La mayoría de las plantas potabilizadoras (como la que se encuentra en Palermo Ex Obras Sanitarias, en Bs As. Argentina) utilizan métodos físico-químicos para, en primera instancia, filtrar residuos de tamaño considerable, decantar barros y arena y posteriormente flocular, mediante reacciones químicas (se agrega sulfato de aluminio que forma una especie de "copos" con las partículas en suspensión las impurezas).

Existen plantas potabilizadoras en pequeña escala en nuestro país, dentro de algunas empresas, que se encargan de reciclar el agua mediante procesos biológicos como es el caso de bacterias aerobias y anaerobias.

Las bacterias saprobias (algunas de ellas, anaerobias), son indispensables a su vez, en la descomposición de la materia orgánica y en el enriquecimiento del suelo con sustancias elementales.

En tratamiento de aguas, el nivel de contaminantes se mide como el peso de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica. Esta medición que representa el contenido de materia orgánica disuelta y por lo tanto un mayor grado de contaminación, se denomina: *demanda química de oxígeno* o DQO. Del mismo modo, si el agua tiene un exceso de residuos orgánicos en suspensión, se reducirá la concentración de oxígeno disuelto lo que trae aparejado una alteración en el hábitat acuático.

El tratamiento de aguas mediante procesos bacterianos puede ser aerobio o anaerobio, de acuerdo al tipo de bacterias utilizado. Sin embargo, el proceso con menor costo y mayor rendimiento energético, además de una escasa producción de lodos, se verifica en los procesos en los cuales intervienen bacterias con metabolismo anaerobio.

Las aguas a tratar mediante degradación bacteriana, deben estar libres de metales pesados (mercurio, cadmio, plomo) ya que son venenos para su metabolismo.

En los años 60, la química Hoechst diseñó para su planta industrial la primera instalación depuradora biológica de agua de Europa, utilizando bacterias aerobias que se alimentan de materia orgánica de las aguas residuales y grandes toberas (cañerías en forma radial) que liberan oxígeno en el agua y es posteriormente utilizado en el metabolismo bacteriano. Los recipientes que las albergan, digestores, poseen 25 metros de altura y 45 metros de diámetro. Posteriormente, el agua tratada con microorganismos es potabilizada para uso domiciliario con agregado de cloro.

En la ciudad de Virginia, en Estados Unidos, 50.000 personas obtienen agua potable y combustible para sus hogares mediante procesos bacterianos, ya que, los barros o lodos (millones de bacterias muertas) producidos por las bacterias aerobias, se colectan y se depositan en un inmenso tanque de fermentación donde ahora, los "esqueletos" de bacterias aerobias son degradados por bacterias anaerobias que,

como producto de excreción, liberan metano, sustancias que conocemos comúnmente como gas natural o gas de red, que se obtiene en grandes cantidades junto con el petróleo.

Una cuestión interesante a subrayar, es que se ha diseñado un sistema de cañerías para coleccionar este gas y distribuirlo en los hogares y como si esto fuera poco, el residuo obtenido de las bacterias anaerobias, metanogénicas (Figura 1) o de los pantanos, se emplea posteriormente, como fertilizante.

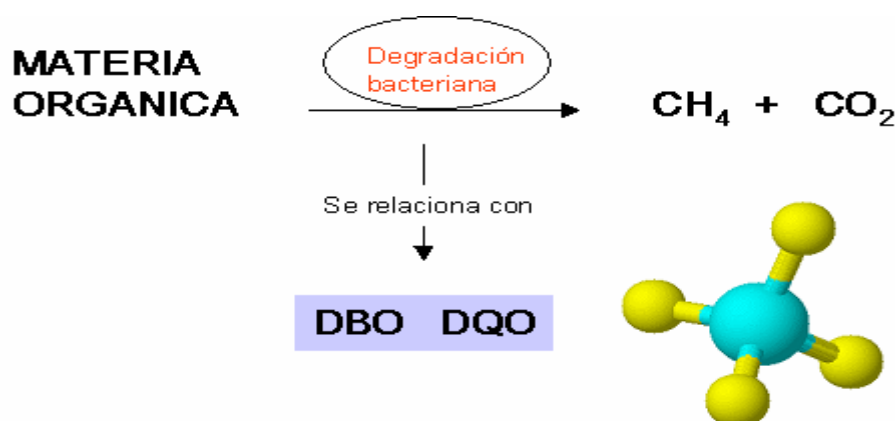


Figura 1

Actualmente, en los países agrícolas ganaderos se estudia la posibilidad de implementar a gran escala digestores de biogás, gas metano producido por descomposición anaerobia de la biomasa, en otras palabras el "peso seco" de la materia orgánica que puede obtenerse fácilmente de cosechas de baja calidad, semillas, excremento de animales, residuos del procesamiento de granos (forraje) y otros.

Esta temática, por consiguiente, trasluce una fuerte implicación social y permite, a su vez, el planteamiento de diversos problemas abiertos y su respectivo tratamiento en una secuencia no lineal. La investigación del alumno se entiende en este marco *"como un proceso en espiral en el que se combinan la repetición de unos determinados momentos referidos al tratamiento de problemas con su reformulación progresiva"* García (2002), de acuerdo a los intereses del alumno y a posibles proyectos que surjan en la institución educativa.

CONTENIDOS RELACIONADOS CON ESTA TEMÁTICA

Alguno de los contenidos de biología, ecología, física y química que se relacionan con este tema y pueden plantearse en diferentes grados de profundidad son:

- Moneras como sistemas. Aspectos generales. Bacterias aerobias y anaerobias. En este caso pueden emplearse procedimientos relacionados con el uso correcto del microscopio, tinción de muestras entre otros.
- Funciones ecológicas. Materiales orgánicos (materia en descomposición) e inorgánicos (CO₂, O₂).
- Solubilidad (sustancias en aguas residuales).

- Separación de fases (floculación, decantación). Este tema es adecuado para desarrollar procedimientos de laboratorio habituales como filtración, decantación, centrifugación entre otros.
- Biomasa. Energía y sus transformaciones, facilita el desarrollo de temáticas referentes a fuentes de energía no renovables, costo – beneficio de diversas fuentes e energía.

DESARROLLO DEL TEMA

El tema se articula en torno a una serie de preguntas. Es la pregunta, su contenido, quién la formula y cómo la formula, la que regula la secuencia de circulación de conocimiento que se construye en el aula.

Inicialmente, se pretende motivar al alumno por el tema partiendo de su experiencia cotidiana y de sus intereses a fin de “descubrir” el entorno y las interacciones que se suceden de manera sistémica.

Una posible secuenciación de preguntas que orienten a los alumnos a cuestionarse la causa de las descomposiciones puede ser:

- ¿Por qué se entierran los cadáveres?
- ¿Por qué con el paso de los años, se conservan sólo los huesos?
- ¿Qué sucede con los residuos orgánicos si se los entierra por varios meses?
- ¿Qué son los pantanos?, ¿qué fenómenos se observan allí?, ¿qué opinas de ello?

Las relaciones entre conceptos que pueden llegar a establecer los alumnos, para diferentes niveles de profundización de acuerdo a edad, interés y otros factores diversos, se indican en las redes conceptuales del [anexo](#).

Una actividad que debería estar siempre presente, y no sólo en las clases de ciencias, tiene que ver con la escritura de las posibles explicaciones acerca del tema que se desarrolla en el aula, ya que la apropiación del lenguaje científico es un proceso gradual y contextualizado (Lemke, 1997) que requiere hacer hincapié en las interpretaciones de los alumnos. Este tipo de indagaciones requiere de un adecuado y constante andamiaje docente que permita orientar las preguntas, coordinar y acordar posibles significados.

Posteriormente al trabajo inicial de indagación es conveniente entregar material, seleccionado en una primera instancia, donde la información esté acotada y, tras su lectura e interpretación, facilitar material variado como libros de texto, enciclopedias, revistas de divulgación que se refieran a la descomposición mediante microorganismos.

En una primera instancia, la entrega de material debería hacer hincapié en los organismos descomponedores, los pantanos, como hábitat de ciertos microorganismos descomponedores de materia orgánica y la composición del tejido óseo con un nivel elemental de profundización.

Posteriormente, y luego de una puesta en común donde se aclaran dudas y se reformulan ideas, se entrega material sobre la descomposición bacteriana de materia orgánica y en especial de bacterias metanogénicas en un nivel de mayor complejidad.

La finalización de esta actividad se puede realizar mediante la entrega por parte de los alumnos de las respuestas planteadas al inicio o bien **de** un texto argumentativo que explique algunas de las preguntas con más detalle.

DISEÑO DE ACTIVIDADES PRÁCTICAS DE PROFUNDIZACIÓN

Luego de una discusión y puesta en común sobre el tema, un posible problema abierto que puede plantearse es el siguiente:

“¿Es posible obtener gas combustible a partir de materia orgánica en descomposición?”

Diseña algún experimento que permita dar respuesta a este planteo, empleando entre otros materiales:

Globos de piñata (orificio grande)

Hilo

Residuos orgánicos y humus o compost.

Aclaración para el docente: (si alguno de los alumnos tiene hamsters, o conejos, sus excrementos son ideales, ya que contienen gran cantidad de bacterias metanogénicas).

Es posible que, en un primer momento, los alumnos se desorienten e insisten al docente a indicar la secuencia de actividades a modo de los conocidos *experimentos receta*. Sin llegar a la situación planteada, podemos orientarlos por medio de preguntas y acordar, mediante un consenso en el grupo, cómo se diseñará el experimento, qué variables podrían tenerse en cuenta, etc.

Un posible diseño experimental puede partir del sistema que se presenta en la Figura 2. En ella se observa una piñata a la que se le ha agregado en su interior tierra, excremento de conejo o hámster, 1/2 vaso de agua. Se quita el aire de su interior presionando con cuidado y se ata la misma, ubicándola alejada de la luz solar (puede ser en alguna caja).



Figura 2

Una variable importante en el experimento, que tiene que ver con el tratamiento biológico de los residuos orgánicos, es la presencia de microorganismos en los residuos orgánicos. Una pregunta que tiene como objetivo, determinar la causa del aumento de volumen de la piñata, puede ser: *¿Qué piensas que sucederá luego de varios días, si hervimos los residuos orgánicos como 2º opción, los colocamos sin enfriar en el interior de otra piñata, y la atas igual que en el 1º caso?*

De acuerdo a cómo los alumnos realicen el experimento en sus hogares, los resultados serán variados. Por ejemplo, dependerá de la acidez del suelo o compost utilizado, de la cantidad de días que permaneció la piñata cerrada, si se agregó suficiente agua, si ésta fue sellada correctamente, si al goma tenía alguna fisura, si las piñatas se guardaron o quedaron a la intemperie etc.

Estas variaciones dan lugar a su vez, a nuevos planteos y explicaciones que pueden desarrollarse en función de los tiempos estipulados para el tema.

En los casos en los cuáles se selló correctamente la piñata conteniendo residuos orgánicos mezclados con tierra y estiércol de conejo humedecido, por ejemplo, se observará que ésta aumentó su volumen debido a la liberación de metano como producto metabólico de las bacterias metanogénicas.

Puede comprobarse su presencia pinchando la piñata, presionándola para extraer el gas y acercando un fósforo a una determinada distancia. Se observará una llamarada (Figura 3) que indica la presencia del gas combustible.

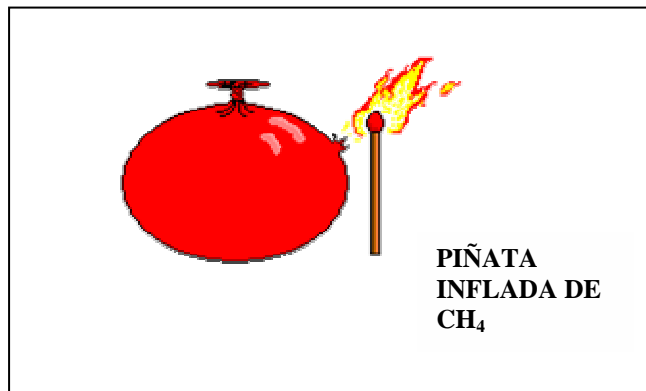


Figura 3

Este tipo de cuestionamientos obliga a los alumnos a focalizar la atención en aquello que se desea trabajar. El docente actúa así de facilitador y guía el proceso de resolución, evitando que la clase se disperse, además de proporcionar información complementaria que permita clarificar las ideas (Pozo, 1998).

ALGUNAS SUGERENCIAS FINALES

Podemos trabajar el contenido referido al reino de las moneras demasiado en su estructura celular, de acuerdo al nivel, pero resaltando la importancia como descomponedores de la materia orgánica.

Con respecto a materia orgánica¹, se generan ciertas sustancias provenientes de la descomposición de los seres vivos como metano (CH₄), conocido comúnmente como gas natural, que se originó en trampas subterráneas por descomposición bacteriana de residuos orgánicos y que también se genera en los pantanos (en invierno, en el lecho, debido a la proliferación de bacterias anaerobias), por lo que también es conocido como gas de los pantanos.

Los pantanos, pueden presentarse como un sistema material que está compuesto por una solución de sustancias en agua que se solubilizan, mientras que otras son insolubles. Se retomaría aquí el material con sin profundizar el que los alumnos trabajaron al iniciarse el tema acerca de su composición.

Podemos diseñar pequeñas experiencias para remover sustancias en suspensión en agua (en este caso no podemos hablar de solución ya que las partículas en suspensión son relativamente grandes) como por ejemplo agua agitada con barro mediante:

- a) sulfato de aluminio, sal que utilizan en las plantas potabilizadoras de agua para precipitar partículas finamente divididas en forma de copos. Como resultado de ello se forman flóculos que precipitan.
- b) Carbón activado, que colocamos en un embudo, de modo que al pasar la suspensión a través de dicha sustancia se produce un fenómeno de adsorción, es decir que las partículas "se pegan" a la superficie del carbón y de esta manera se pueden separar impurezas de menor tamaño. El procedimiento empleado en este caso es una simple filtración, con la diferencia que dentro del embudo o sobre el papel de filtro se agrega carbón activado aproximadamente en 1/3 del embudo y se filtra el agua turbia. El líquido que sale del embudo es incoloro, situación que sorprende a los alumnos.

Podemos hacer referencia a que, del mismo modo que las bacterias que viven sin oxígeno o anaerobias, descomponen la materia orgánica, éstas pueden causarnos enfermedades, y que el agua oxigenada es el mejor veneno cuando éstas ingresan por medio de una herida, al descomponerse liberando oxígeno debido a enzimas específicas (peroxidasas).

Es importante destacar que en la fase final del proceso que tiene que ver con la descomposición de los lodos en los digestores anaeróbicos- tanques que contienen los desechos compuestos por bacterias aerobias muertas y restos de residuos sin digerir sobre las que actúan las bacterias anaerobias, descomponen la biomasa y producen como desecho metano que se puede emplear como combustible para generar energía para la planta potabilizadora o bien, gas de red para la población como en el caso de Virginia en Estados Unidos.

¹ En realidad los términos orgánico e inorgánico actualmente carecen de vigencia ya que su origen tiene que ver con la creencia que las sustancias que conformaban los seres vivos sólo podían obtenerse de ellos, situación que queda descartada con las síntesis de compuestos químicos. Para generalizar podemos decir que los seres vivos están conformados por biomoléculas, que a su vez posee en su composición gran cantidad de átomos de carbonos "encadenados" entre sí en estructuras tridimensionales y que esta característica no la poseen el agua el dióxido de carbono, y otros compuestos.

Lo expuesto puede dar lugar a otra pregunta: ¿Para qué consideran que podría emplearse el metano liberado en el tratamiento biológico de los desechos en una planta potabilizadora de agua?

Es interesante resaltar las transformaciones de energía que se llevan a cabo en todos estos procesos. También es posible entre otras preguntas, sugerir la idea de reacciones químicas que liberan energía y que absorben energía.

Como actividad de cierre, los alumnos pueden realizar un glosario con los conceptos fundamentales que les permitirán ampliar el lenguaje científico mediante sucesivas aproximaciones y el adecuado andamiaje docente en un proceso gradual de incremento en la complejidad de los términos.

REFERENCIAS

- ACEVEDO, J. (1996). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Borrador*, 13, 26-30. En línea en www.campus-oei.org/salactsi/acevedo2.htm
- ALBERT, L. A. (1988). *Curso básico de toxicología ambiental*. Editorial Limusa, México.
- BENLLOCH, M. (1994). *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias*. Madrid: Visor.
- CAMPANARIO, J. y MOYA, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179–192.
- CURTIS, H. (2000). *Biología*. México: Panamericana.
- DE JONG, O. (1998). Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones. *Enseñanza de las Ciencias*. 16(2), 305- 314.
- GARCÍA, E. J. (2002). *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares*. Sevilla: Díada
- GARRET, R. (1995). Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 5, 6-15.
- GIL PÉREZ, D.; MACEDO, B.; MARTÍNEZ TORREGOSA, J.; SIFREDO, C.; VALDÉS, P.; VILCHES, A. (2005). *¿Cómo promover en interés por la cultura científica?* Santiago de Chile: UNESCO para América Latina y el Caribe.
- HODSON, D. (1993). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. Ponencia en el *IV Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas*. Barcelona: ICE de la UAB.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*. 17(1), 45–59
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. y DÍAS DE BUSTAMANTE, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias. Cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*. 21(3), 359–370.
- LEMKE, J.L. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós.
- MARTÍNEZ TORREGOSA, J.; DOMENECH, J. Y VERDÚ, R. (1993). Del derribo de ideas al levantamiento de puentes. La epistemología de las ciencias como criterio

- organizador de la enseñanza de las ciencias física y química. *Revista de Enseñanza de la Física*, 7(2), 22-29.
- NOVAK, J. D. Y GOWIN, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press.
- POZO, J.I. (1998). *Los diez mandamientos del aprendizaje. Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza.
- REIGOSA CASTRO, C. Y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*. 18 (2), 275–284
- SENABRÉ, C. (2000). Aprender a leer ciencias. Conferencia del *Segundo Encuentro de Fortalecimiento Profesional de Capacitadores*. Tanti, Córdoba: Ministerio de Educación de Argentina.

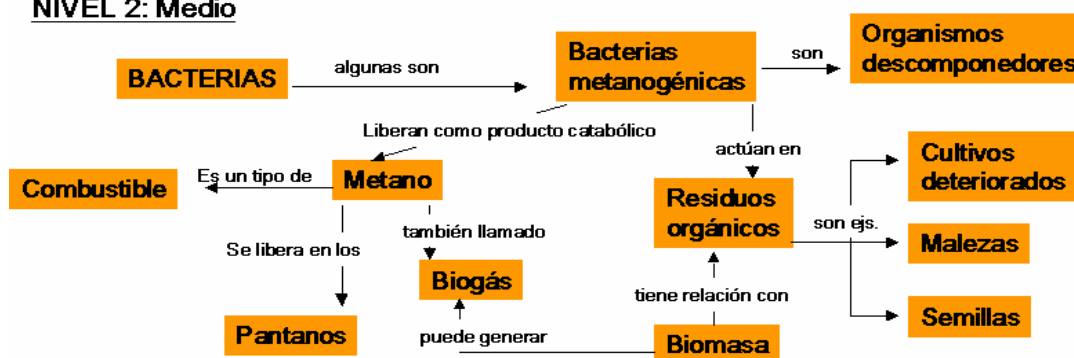
ANEXO REDES CONCEPTUALES

Redes conceptuales que presentan contenidos respecto al tema de acuerdo a 3 niveles diferentes de complejidad creciente.

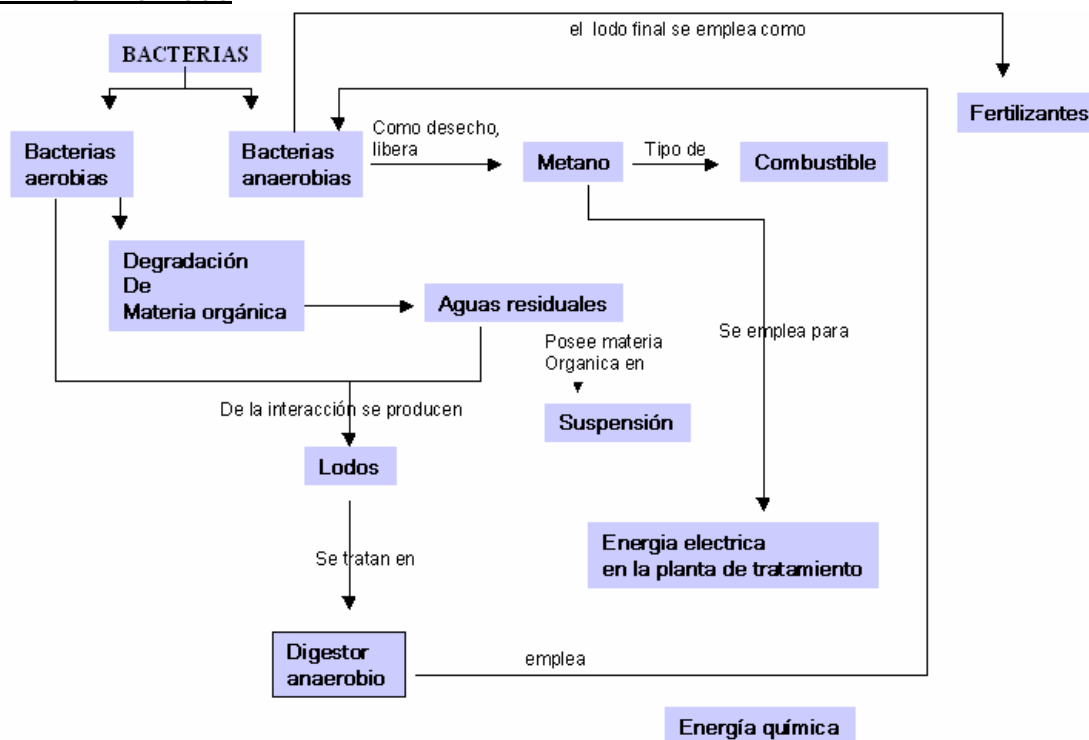
NIVEL 1: Elemental



NIVEL 2: Medio



NIVEL 3: Avanzado



TRATAMIENTO DE AGUAS MEDIANTE DEGRADACION BACTERIANA

SUMMARY

The present didactical propose is referred about biological transformation of biomass that include CTS perspective and the "school science" whose obetives are related to the diary life in the context of usefuls and believed theoretical models that are going to evolute and the methodology used is referred to solving open problems that makes more susceptibility and dialog in the classroom.

Keywords: *bacterias methanogenical; biomass; CTS, open problems; school science; waste water depuration.*