

Construcción de un biodigestor y sus implicaciones en la enseñanza de la química: una experiencia de aula basada en una cuestión sociocientífica (CSC)

Juan David Quintero Puentes¹

Resumen

Con el diseño, construcción y utilización de un biodigestor, de única descarga, se planteó una estrategia de intervención en el aula durante el primer semestre del año 2014, con un grupo de 30 estudiantes de grado undécimo del Instituto Pedagógico Nacional (IPN). En el transcurso de la intervención se estudiaron los conceptos de: cinética química, pH y equilibrio químico, relacionándolo con la velocidad de descomposición de la materia orgánica que conlleva a la producción de biogás, las condiciones de pH óptimas para la supervivencia de las bacterias y los factores que afectan la velocidad de reacción. Dentro de las principales estrategias utilizadas estuvieron las lecturas, tanto académicas como notas informativas, que permitieron orientar discusiones en el campo de las CSC (cuestión sociocientífica) y visitas a la granja, lugar en donde se dispuso el biodigestor. Los resultados evidencian logros satisfactorios en los estudiantes, en cuanto a: mejor disposición para la clase de química, desarrollo del pensamiento crítico y profundización en las implicaciones y la búsqueda de posibles soluciones frente al impacto ambiental y social que implica la explotación de gas a gran escala.

Palabras clave

Biodigestor, enseñanza de la química, cuestión sociocientífica, cinética química

Abstract

Through the design, construction and use of a digester and intervention strategy for the first half of 2014 with a group of 30 high school juniors National Pedagogical Institute arises. During the intervention the concepts of chemical kinetics, pH and chemical equilibrium are studied, relating the rate of decomposition of organic matter leading to the production of biogas, pH optimum conditions for

¹ Docente en Formación Inicial. Universidad Pedagógica Nacional.
Correo electrónico: juanquintero902@yahoo.es

the survival of bacteria and Factors affecting the reaction rate. Among the main strategies used are both academic lectures and briefings capable of guiding discussions in the field of CSC and visits to the farm, a place where the digester is available. The results are satisfactory, can generate more willing to chemistry class and encourages critical thinking of students. In addition, can deepen the implications and finding possible solutions to the environmental and social impact that involves large-scale exploitation of gas.

Keywords:

Biodigestor, chemistry education, Socio Scientific Question

Justificación

Esta propuesta para la enseñanza de la química se formula a partir de la necesidad de fomentar en los estudiantes habilidades que permitan generar cuestionamientos en su entorno y prácticas sociales que los afectan, y una mayor capacidad de disertación entre los actores del proceso, para lograr cambios conceptuales significativos.

Antecedentes

Las experiencias utilizadas buscan involucrar estrategias didácticas sociales y ambientalmente responsables que, a su vez, permitan la participación de todos los miembros de la comunidad y que logren impactos significativos en sus entornos, el factor común es el diseño e implementación de un biodigestor como una alternativa que permita hacer frente a la utilización de energías no renovables.

Para citar algunas experiencias significativas, se encuentran los trabajos de Souza y Martins (2011), Llanos *et al.* (1998), Martínez *et al.* (2012), Reyes (2012), Talanquer (2000), Torres (2010).

Marco teórico

Frente al papel de las ciencias y su transposición didáctica en la escuela se ha planteado un consenso, donde se dirigen los esfuerzos de la investigación e innovación hacia el avance científico que favorezca un desarrollo sostenible que satisfaga necesidades básicas y que disminuya la brecha de desigualdad. Vilches y Gil Pérez (2011) mencionan que una de las grandes responsabilidades de la química para el desarrollo sostenible es el desarrollo de energías limpias y la generación distributiva y descentralizada, que impida la dependencia tecnológica que conlleva a la construcción de las grandes plantas, dando paso a una tercera revolución industrial basada en el uso de energías renovables.

Dada la inminente crisis ambiental que puede afrontar la humanidad, la construcción del desarrollo sostenible implicaría aprender distintas formas de usar los recursos naturales. Para ello la educación ha sido parte del problema, puesto que no posibilita las dinámicas de enseñanza para el aprovechamiento responsable de los recursos naturales. Sin embargo, en la medida que se van construyendo nuevos marcos conceptuales asociados a la capacidad de implementar nuevas energías limpias, no solo aportando en lo conceptual, sino estableciendo nuevas dinámicas de convivencia entre los seres y su entorno natural, la educación se va haciendo partícipe del cambio. En consecuencia, Vilches y Gil Pérez (2011) postulan que se debe impulsar una educación solidaria que ayude a superar la tendencia a orientar el comportamiento en función de intereses particulares a corto plazo, y que contribuya a una correcta percepción del estado del mundo, generando actitudes y comportamientos responsables, preparando a los estudiantes y futuros ciudadanos a la toma de decisiones dirigidas al logro de un desarrollo pluralista y sostenible; esto se logra siempre y cuando la educación tenga como derroteros fundamentales:

- Contemplar los problemas ambientales y del desarrollo en su globalidad, tomando como referente las repercusiones a corto, mediano y largo plazo

- Comprender que el éxito de unos que exija el fracaso o sometimiento de otros nunca será sostenible

Frente al papel de las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias, Izquierdo *et al.* (1999) argumentan que hasta cierto punto los experimentos en la clase de ciencias han fracasado, esto se debe a la visión que tienen los profesores de las prácticas, puesto que consideran que el trabajo experimental debe ser lo más parecido al que desarrollan los científicos en sus comunidades, dejando de un lado que la ciencia que se enseña en las escuelas es una ciencia escolar que pasa por un proceso de transposición didáctica que le permite al estudiante una mejor comprensión de los conceptos. Además, las prácticas de laboratorio se ven como un guion que se debe desarrollar con una metodología determinada, producto de lo cual se va implementando una estrategia cognitiva insulsa que conlleva a una baja aplicabilidad de los conceptos teóricos en la práctica.

Pregunta problema

¿Cómo impacta una estrategia de enseñanza de la química basada en el diseño, y construcción de un biodigestor, en el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes y en las actitudes hacia el aprendizaje de la química?

Objetivos

General

Contribuir al desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes y a la mejora de las actitudes hacia el aprendizaje de la química, mediante una estrategia didáctica relacionada con cuestiones sociocientíficas, asociadas a energías renovables y en el diseño y construcción de un biodigestor

Específicos

- Proponer una práctica de laboratorio en la que se asocie el uso de energías renovables con la construcción de un biodigestor y el

análisis elemental de la materia orgánica empleada

- Construir un biodigestor en compañía de los estudiantes y realizar un seguimiento periódico del proceso de biodigestión
- Determinar el impacto de la estrategia didáctica en el desarrollo del pensamiento crítico y la mejora de las actitudes hacia el aprendizaje de la química

Metodología

El enfoque investigativo que se asumió fue de tipo cualitativo, puesto que en el transcurso de la intervención los resultados partieron de evidencias escritas, opiniones y registros fotográficos de las actividades realizadas por los estudiantes del curso 11-4 del Instituto Pedagógico Nacional (IPN).

El proyecto se desarrolló en tres fases: la primera de observación, realizada en el segundo semestre de 2013; la segunda de intervención, ejecutada entre febrero y mayo de 2014, y la fase final de análisis de resultados y conclusiones, elaborada en junio de 2014.

Resultados y análisis

A continuación se hace un balance general de los resultados del diseño e implementación de las actividades propuestas en el proyecto.

La primera actividad realizada con los estudiantes fue la lectura “¿Qué es el biogás?”. Aquí se dieron las pautas sobre qué es un biodigestor, para qué sirve, qué produce, cómo se alimenta; además se hizo un esbozo de las variables que afectan la velocidad de formación del gas. Esta actividad se llevó a cabo en el transcurso de la clase de química, específicamente en el tema de cinética química, y se logró relacionar la velocidad de reacción y los factores que la afectan con el proceso de producción de biogás. La aplicación de la actividad fue satisfactoria y contribuyó al desarrollo de la construcción del biodigestor, puesto que los estudiantes tenían claro el objetivo principal de la elaboración del bio-

digestor y los factores que afectan la producción de biogás. A modo de ejemplo, el pH favorable en la biodigestión es aproximadamente 7, entonces los estudiantes, basados en esa información, hicieron la clasificación de la materia orgánica útil y evitaron traer desechos de cítricos u otros que elevaran la acidez del medio.

Para dicha actividad se programó una tarea inicial: un plegable que da las indicaciones de la materia orgánica útil para el proceso de biodigestor. Posteriormente, y en el transcurso de 15 días, se hizo la separación en la fuente de los residuos de cocina, útiles para traerlos al colegio y practicar un análisis elemental, en donde se identificó carbono e hidrógeno. Después del análisis elemental, los residuos orgánicos se homogenizaron con agua y se vertieron a la cámara de biodigestor. Los estudiantes hicieron el registro fotográfico de la actividad.



Fotografía 1. Registros de los estudiantes en la elaboración del biodigestor

Después de la elaboración del biodigestor, se hizo el seguimiento periódico de las condiciones, para ello se realizaron visitas periódicas a la granja mediante un registro escrito de las condiciones del biodigestor, cambios apreciables o formación de burbujas o capas en el biorreactor.

La disposición que los estudiantes mostraron en el transcurso de proyecto indicó que la experiencia los impactó de forma positiva y que tuvo gran aceptación en el curso. Además, algunos de los estudiantes manifestaron que gracias a la experiencia, lograron aprender algunos temas de química de una forma novedosa, y reconocieron la construcción del biodigestor como una herramienta para producir energía más limpia y renovable, en

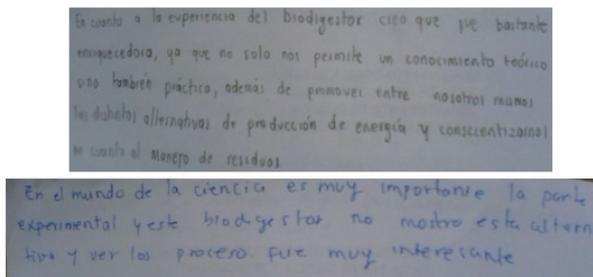
donde se aprovechan los residuos orgánicos que se desechan en el hogar, generando estrategias con un impacto ambiental positivo.



Fotografía 2. Avance del proceso de biodigestión con el tiempo

La actividad final consistió en un debate, en el que se planteó una controversia relacionada con la explotación de gas natural, los impactos políticos, sociales y ambientales que este acto desmesurado provoca y la posibilidad de mitigar el impacto por medio de estrategias ambientalmente amigables como la construcción de un biodigestor. Aquí los estudiantes escogieron una noticia que narraba una problemática asociada a la explotación de gas natural a nivel global; con esa información ellos adoptaron una postura, a favor o en contra; por último, relacionaron el problema que exponía la noticia con la construcción del biodigestor como una posibilidad de mitigar la problemática.

Los resultados del debate fueron satisfactorios, en la medida que los estudiantes lograron identificar el problema de la explotación desmesurada de gas metano, mediante la búsqueda de alternativas que lograran disminuir los impactos que trae el uso de recursos energéticos no renovables. Además, se logró impulsar el pensamiento crítico de los estudiantes. A continuación se muestran algunas opiniones de los estudiantes al finalizar la actividad.



Fotografía 3. Opiniones de los estudiantes

Conclusiones

La propuesta de intervención planeada y desarrollada en el primer semestre del año 2014, logró abordar la mayoría de los temas propuestos en el currículo en química para ese periodo académico. Además, se articularon satisfactoriamente los temas vistos en clase con el diseño y construcción del biodigestor, y la producción de biogás, lo que dio origen a nuevas dinámicas de enseñanza y fomentó el gusto por la química en la mayoría de los estudiantes.

El diseño y desarrollo de la práctica de laboratorio tuvo gran acogida por los estudiantes y permite cambiar la disposición y actitud de los estudiantes, tal como se corrobora con la prueba Likert. También, se relacionó el diseño, la construcción del biodigestor y las materias primas utilizadas con el análisis elemental de carbono e hidrógeno, lo cual mostró que la materia prima usada para la elaboración del biodigestor, en verdad eran desechos orgánicos.

La construcción y seguimiento periódico de la actividad del biodigestor permitió romper algunos paradigmas que los estudiantes tenían hacia la química, logrando nuevas alternativas para la enseñanza de la ciencia y motivando en ellos la construcción del pensamiento crítico que les permitiera cuestionar las realidades y formular estrategias que puedan resolver problemas a mediano plazo. Cabe resaltar que la experiencia fue “enriquecedora” para los estudiantes y les permitió tener una nueva mirada de ciencia que por lo general se olvida en los colegios, una ciencia responsable socialmente y capaz de formular alternativas que evitan la destrucción de los recursos naturales y la pérdida del tejido social a costa de la explotación de las grandes mineras.

El análisis de las noticias trabajadas con los estudiantes facilitó la generación de controversias que se aprovecharon para incentivar el pensamiento crítico. Igualmente, manifestaron una posición clara y argumentada sobre la explotación de los recursos naturales y el daño que esto ocasiona a las comunidades y cómo estrategias planteadas

desde la escuela, como el diseño, construcción y utilización de un biodigestor, pueden solucionar, en gran medida, el problema estudiado.

Frente a la pregunta problema se concluye que el diseño, construcción y utilización del biodigestor, provoca un gran impacto en los estudiantes y logra innovar en la enseñanza de la química, al articular los temas estudiados con la actividad y la CSC planteada permite crear nuevas expectativas en los estudiantes frente a la utilización de energías ambientalmente responsables.

Referencias bibliográficas

- Izquierdo, M.; Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 17(1), pp.45-58.
- Llano, M.; Müller, G.; Hernández, M.; Miklos, T. y Murgía, W. (1998). ¿Se aprende en el laboratorio? *Educación Química*, 9(1), pp.34-39.
- Reyes, L.B. (2012). Aporte de la química verde a la construcción de una ciencia socialmente responsable. *Educación Química*, 23(2), pp. 222-229.
- Souza, F. y Matins, P. (2011). Ciência e Tecnologia na Escola: Desenvolvendo cidadania por meio do projecto “Biogás energia renovável para o futuro”. *Química nova na escola* 33(1), pp.19-25.
- Talanquer, V. (2000). El movimiento CTS en México, ¿vencedor o vencido? *Educación Química* 11(4), pp. 381-386.
- Torres, N. (2010). Las cuestiones sociocientíficas: una alternativa de educación para la sostenibilidad. *Revista Luna azul*, No 32, (1), pp.04-25.
- Vilches, A. y Gil, D. (2011). Papel de la química y su enseñanza en la construcción de un futuro sostenible. *Educación Química*, 22(2), pp.103-116.

ANEXO 1. Guía de la práctica de laboratorio



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
INSTITUTO PEDAGÓGICO NACIONAL
ÁREA DE CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

Práctica experimental No. 2. Identificación de C, H, N en una muestra orgánica y ensamblado del biodigestor.

Objetivos

- Implementar el análisis elemental para identificar C, H y N en la materia orgánica utilizada en la biodigestión
- Clasificar la materia orgánica útil para el proceso de biodigestión
- Cargar el biodigestor para la obtención de biogás
- Analizar los factores que se deben tener en cuenta para la producción de biogás

Materiales y reactivos

- | | |
|---|---|
| • 2 tubos de ensayo con desprendimiento | • Óxido cúprico |
| • 2 corchos para tubo de ensayo | • Solución de hidróxido de bario |
| • 2 mangueras de hule | • Cal sodada (CaO en NaOH) |
| • 2 tubos de ensayo | • Hidróxido de sodio 6N |
| • 1 mechero | • Fenolftaleína |
| • Vaso de precipitados de 1l | • Tirillas de papel indicador universal |
| • Agitador de vidrio | |

Marco teórico

¿Qué es un biodigestor?

Es un recipiente o tanque (cerrado herméticamente) que se carga con residuos orgánicos. En su interior se produce la descomposición de la materia orgánica para originar biogás, el cual puede reemplazar al gas natural (de garrafas o red pública). El residuo, luego de ser descompuesto, se utiliza como biofertilizante. El biodigestor puede ser construido con diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico.

¿Qué es la digestión anaeróbica?

Es una fermentación en la que los residuos orgánicos son descompuestos, en ausencia de oxígeno, para producir biogás. Para que se obtenga, deben desarrollarse bacterias anaeróbicas y, sobre todo, bacterias metanogénicas que producen biogás. Estas se pueden encontrar en líquidos ruminales (contenido del estómago de vacas, ovejas, cabras, etc.), en guano de cerdos y rumiantes, en lodos de tratamiento de efluentes y de otros biodigestores. Se debe cargar el biodigestor con estas bacterias para que, mediante la digestión de los residuos, se produzca biogás.

¿Qué es el biogás?

Es una mezcla de gases compuesta, en su mayor parte, por metano y dióxido de carbono en proporciones que varían según el residuo degradado. Este gas se obtiene en el proceso de digestión anaeróbica que libera la energía química contenida en la materia orgánica en forma de biogás. Se pueden adaptar cocinas, calefones, estufas, pantallas, generadores, etc., para que funcionen con biogás.

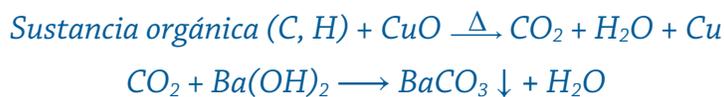
Procedimiento

Primera parte: análisis elemental del sustrato

La materia prima que se usa para la obtención de biogás debe ser orgánica; por ejemplo, la carne es rica en proteína, cuyas moléculas están compuestas por C, H, O y N.

Para identificar la composición elemental de la materia orgánica se hace un análisis elemental.

Reconocimiento de carbono e hidrógeno



El precipitado se disuelve en medio ácido:



Se basa en la oxidación del compuesto orgánico por el oxígeno procedente del óxido cúprico, que quema el carbono y el hidrógeno con formación de anhídrido carbónico y agua, respectivamente. El anhídrido carbónico se pone de manifiesto por el enturbiamiento que se produce al burbujear el gas sobre una disolución de hidróxido de bario, y el hidrógeno por la formación de agua.

 RESIDUOS (por 1kg)	 AGUA
Estiércol vacuno	1 a 1,5lt
Estiércol porcino	1lt
Estiércol de pollos parrilleros (cama de aserrín)	2 a 2,5lt
Estiércol de gallinas ponedoras	2 a 2,5lt
Desechos de vegetales de huerta	1lt
Residuos amiláceos o azucarados (papa, remolacha)	1lt
Residuos de comida	1lt

En un tubo de ensayo se mezclan 0,5 g de una muestra orgánica y 2 g de óxido cúprico. El tubo de ensayo se cubre con un tapón provisto de un tubo con desprendimiento, este se sumerge en otro tubo de ensayo con 5 mL de una disolución de hidróxido de bario. El tubo que contiene la mezcla se calienta suavemente y se deja de calentar cuando se nota desprendimiento de gas, observándose la formación de un precipitado color blanco.

Reconocimiento de N

El método de Will-Warrentrapp consiste en mezclar la sustancia de origen orgánico (que contiene nitrógeno) con cal sodada (CaO y NaOH) o alternativamente con 10 mL de NaOH 6N y calentar sin llegar a ebullición. En dichas condiciones los compuestos que no tienen nitrógeno unido a oxígeno desprenden amoníaco, el cual puede detectarse con papel tornasol rojo previamente humedecido. De manera simultánea, el amoníaco se puede hacer burbujear en una solución de fenolftaleína que virará o tomará una coloración rosada.

Segunda parte: preparación y dilución del sustrato

Para que la producción de biogás sea más rápida, es mejor que la materia prima con que se cargará el biodigestor esté triturada o picada en trozos pequeños; para ello se tomarán los residuos y se picarán lo más pequeño posible.

Posteriormente, teniendo en cuenta la proporción de agua por kilogramo de sustrato, se procede a hacer la dilución. Para ello se dispone de un balde o vaso de precipitado de un litro para hacer la mezcla que debe quedar homogénea.

Como el pH es un factor preponderante en la digestión anaerobia, con una tirilla de papel indicador de pH se toma la concentración de hidrogeniones en la muestra, luego se registra el resultado en la siguiente tabla.

Muestra homogénea	pH

Tercera parte: llenado de la cámara de biodigestión

Después de hacer las diluciones y homogenizar la materia prima se deposita el sustrato en la cámara de biodigestión. Para ello se vierte la materia prima en el biodigestor hasta lograr un volumen aproximado de 10 litros, después se cierra herméticamente el biodigestor.

Recursos consultados

http://cvb.ehu.es/open_course_ware/castellano/tecnicas/expe_quim/practica14.pdf

http://ciencias.uis.edu.co/quimica/sites/default/files/paginas/archivos/Vo1Mano7Orgal_MFOQ-OR.01_08072013.pdf

<http://www.imd.uncu.edu.ar/upload/manual-uso-biodigestor.pdf>

Anexo 2. Prueba tipo Likert

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química
Práctica Pedagógica y Didáctica II

Prueba tipo Likert

Apreciado estudiante: el siguiente instrumento tiene por objeto la categorización de algunos parámetros tenidos en cuenta para evaluar la eficacia del uso de un biodigestor como estrategia de enseñanza de la química con un enfoque sociocientífico, por lo tanto no es una prueba evaluativa. Se le solicita responder con la mayor concreción y sinceridad.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Me es indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
La química es una ciencia netamente experimental, por ende las prácticas de laboratorio incentivan su estudio					
Por medio de las prácticas de laboratorio mi actitud y disposición en la clase es mejor que en las clases magistrales					
Es muy importante que en la clase de química se alimente el pensamiento crítico y se abran espacios de reflexión-acción frente al uso de energías alternativas					
La construcción de un biodigestor en la clase de química sirvió como una estrategia para aumentar mi gusto hacia la química					
La relación entre la química y sus implicaciones sociocientíficas pueden ser alimentadas por medio de actividades como la construcción de un biodigestor y el desarrollo de energías alternativas					
La construcción y seguimiento periódico del biodigestor fue una buena alternativa para articular la química con los problemas sociocientíficos que acarrear la explotación de energías no renovables					