

# EL BIODIGESTOR COMO RECURSO DIDÁCTICO EN LA EDUCACIÓN

G. Plaza<sup>1</sup>, M. del C. Otero<sup>2</sup> y C. Ruiz

Universidad Nacional de Salta

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería CONICET

<sup>2</sup>Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta

Avda. Bolivia 5150. CP 4400. Salta. Argentina

[gplaza507@gmail.com](mailto:gplaza507@gmail.com), [mocoterocabada@hotmail.com](mailto:mocoterocabada@hotmail.com), [cintiaeruz@gmail.com](mailto:cintiaeruz@gmail.com)

**RESUMEN:** El modelo educativo actual se centra en el aprendizaje autogestionado por el alumno y supervisado por el profesor, el mismo exige una nueva concepción de las actividades de aprendizaje, enseñanza y evaluación generando una continua interdependencia y simultaneidad que permite lograr los objetivos claves en la educación ambiental. El aprendizaje integrado de conocimientos utilizando recursos didácticos generará habilidades y actitudes para encarar una competencia laboral. Este sistema introduce al alumno en el trabajo cooperativo en un marco de responsabilidad personal. Se propone utilizar un dispositivo didáctico desarrollado como Biodigestor demostrativo para trabajar dentro y fuera del aula, logrando el alumno entender y manejar esta práctica tecnológica que articula con diversos espacios curriculares. El uso de este recurso se refuerza con material gráfico y talleres de concienciación.

**Palabras clave:** educación ambiental, recurso didáctico, biodigestor, digestión anaeróbica, biogás.

## INTRODUCCIÓN

La falta de energía, la degradación del medio ambiente y los problemas económicos, son situaciones instaladas en nuestra sociedad, por lo que es necesario prestarle suma atención y hacernos partícipes como actores de esta realidad. En los países más pobres, más del 80% de la energía procede de fuentes tradicionales como estiércol y leña (Fukuda, 2003).

Es importante generar conciencia ambiental desde temprana edad ante la complejidad creciente de los problemas ambientales que requieren no solo de una actualización permanente, sino también lograr una trasposición didáctica adecuada a los distintos niveles educativos.

En este sentido, la Educación Ambiental es una herramienta de gestión enfocada al conocimiento de nuestro medio ambiente, generando una sensibilización que permita la transformación de nuestro entorno. Es por eso que hoy en día la currícula educacional de las escuelas incluye contenidos relacionados al cuidado medioambiental desde una diversidad de módulos en campos de la formación científico tecnológica de los distintos niveles educativos. Una de las tareas formativas de fundamental importancia tanto de las escuelas primarias como de las secundarias es propiciar actitudes y formar valores para lograr un ciudadano responsable, informado y comprometido para proteger y mejorar el ambiente y para el logro de los objetivos del desarrollo sustentable. Por otro lado, es una realidad ineludible que los jóvenes de hoy dominan y demandan las nuevas tecnologías desde temprana edad, por lo que el sistema educativo no puede pasar por alto y quedar impasible ante estos avances, sino que debe contemplarse su uso y manejo para no perder terreno, de esta manera generar un alumnado competente que pueda aprovechar los avances tecnológicos que brinda la ciencia.

Con todo lo antes planteado, la importancia de generar un recurso didáctico que permita enlazar lo ambiental y lo tecnológico, entendiendo a su vez procesos de la naturaleza misma, establece un aporte significativo al área de aprendizaje. Las herramientas didácticas junto al entorno escolar permiten conocer de forma real el ambiente que lo rodea y los procesos naturales que se presentan en él. (Uría, 2001).

El recurso didáctico Biodigestor Demostrativo fue pensado como una alternativa viable desde la escuela para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos con la producción además de un recurso energético como es el biogás.

La degradación biológica del sustrato que tiene lugar en el digestor, se realiza en el interior de un recipiente gracias a la acción bacteriana en ausencia de oxígeno (anaerobiosis). Las bacterias metanogénicas de la población bacteriana total son las encargadas de producir el gas metano, gas combustible que le otorga al biogás su valor como fuente de energía renovable.

Existe un modelo de biodigestor (Pizarro, 2005) diseñado para su aplicación en escuelas técnicas con elementos y materiales con la complejidad acorde a una implementación industrial. En el presente trabajo el modelo propuesto busca simplificar el armado y funcionamiento del biodigestor escolar para adecuarlo a las necesidades de escuelas con menos recursos económicos y de infraestructura.

## OBJETIVOS

- . Desarrollar acciones en el marco del proyecto “Aplicación de Instrumentos de Gestión Ambiental para lograr la participación comunitaria en el Aprovechamiento Energético de Residuos” (Plaza; 2011), destinadas a articular áreas de educación técnico-profesional con la temática de energías renovables y la gestión de residuos.
- . Poner a consideración de los educadores un equipamiento didáctico de digestión anaeróbica para integrar en los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- . Contribuir a la actualización de los docentes en conocimientos tecnológicos y científicos.

- . Desarrollar acciones de concienciación mediante talleres en el ámbito escolar y de la comunidad.

## MATERIALES Y METODOS

En el presente trabajo se desarrollan las siguientes instancias:

1. Análisis de los lineamientos y criterios para la organización e implementación de las estructuras curriculares de la educación secundaria y técnica de la provincia de Salta relacionados con la temática propuesta (Ministerio de Educación de la Provincia de Salta, 2010-2012).
2. Recursos didácticos: Se diseña y construye un modelo de biodigestor escolar demostrativo del tipo discontinuo, simple, económico y fácil de operación. Para el desarrollo del mismo se tiene en cuenta las acciones a implementar en la escuela:
  - a. Instalación y carga con residuos orgánicos
  - b. Operación
  - c. Descarga del bioabono
  - d. Observación de la generación de biogás como energía no convencional
3. Material gráfico  
Se desarrolla un material de difusión de fácil interpretación con información general sobre la gestión de Residuos destinado a la comunidad en general y alumnos, compuesto por cuatro cartillas que abarcan los siguientes temas: la gestión de los residuos en general y la biodigestión en particular, el enfoque escolar con una unidad demostrativa de biodigestor adecuada a la práctica docente, el uso del biodigestor en el campo como vía de aprovechamiento de residuos de la actividad agropecuaria y la importancia de la aplicación de la biodigestión a la gestión municipal de residuos sólidos urbanos.  
Se presta especial interés a la explicación de armado y manejo del biodigestor escolar demostrativo. Los procedimientos se complementan con materiales que comprenden dibujos y textos para su mejor interpretación.
4. Talleres de concienciación  
Se realiza el dictado de distintos talleres a diversos grupos objetivo (escuelas, centros vecinales, etc.) a cargo de alumnos avanzados de las carreras de Ing. en Recursos Naturales e Industrial.

## RESULTADOS

El desarrollo de las distintas estrategias en el marco del proyecto de “Aplicación de Instrumentos de Gestión Ambiental para lograr la participación comunitaria en el Aprovechamiento Energético de Residuos” dio lugar a los siguientes resultados:

1. Los lineamientos y normativas que proponen los diseños curriculares desde la nación y la provincia plantean diversos contenidos relacionados con los problemas ambientales y sus soluciones. De los mismos surge que existe una diversidad de contenidos íntimamente relacionados con la temática propuesta tanto en los Ciclos Básico y Orientado de la Educación Secundaria como en los Ciclos Básico y Superior de la actual Enseñanza Técnica de la provincia de Salta.
2. El diseño del biodigestor escolar demostrativo consta del biodigestor propiamente dicho y un manual explicativo de su uso desarrollado en forma de cartilla (Nº 2). Los componentes del modelo demostrativo son:

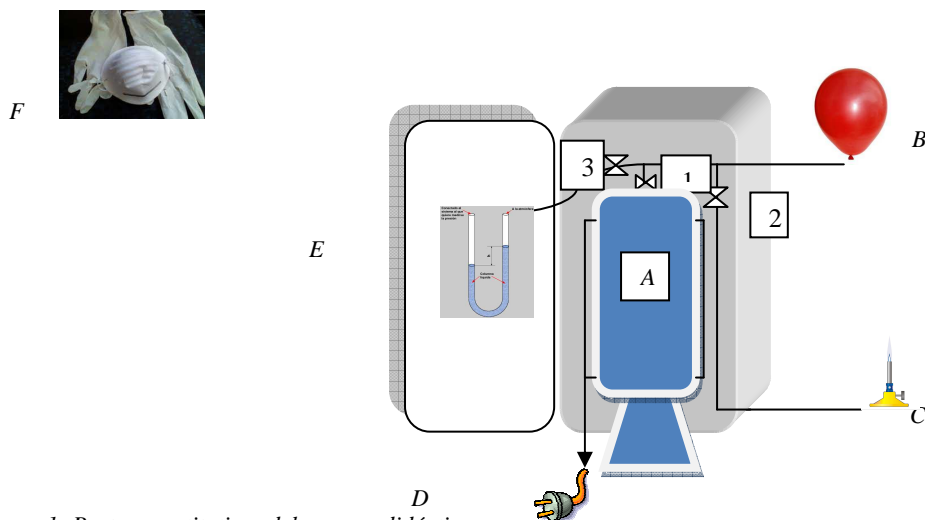


Figura 1: Partes constitutivas del recurso didáctico

Reactor anaeróbico: digestor A  
Circuito de gas con válvulas incluidas: 1, 2 y 3  
Globo de almacenamiento de gas: B  
Mechero de quema de gas: C  
Manta para mantener constante la temperatura de operación: D  
Recipiente de madera donde se encuentra instalado  
Manómetro para observar la presión interna del biodigestor: E  
Guantes y barbijo: F

El procedimiento de instalación y operación consta de los siguientes pasos:

- a. **Instalación y carga:**  
Colocar la caja en lugar seguro cercano a una fuente de energía eléctrica y al desagüe para limpieza.  
El o los operadores deben estar provistos de guantes y barbijo (elementos de protección personal).  
Medir 400 ml de estiércol vacuno.  
Verter el estiércol medido en el reactor anaeróbico A con la caja inclinada.  
Cerrar la boca del reactor asegurando el cierre hermético.  
Colocar el dispositivo en su posición normal (vertical).  
Incorporar agua por B, hasta el nivel marcado en el digestor con las válvulas 1 y 3 abiertas y 2 cerrada.  
Agregar agua en el manómetro E situado en la tapa frontal hasta la medida indicada.  
Colocar el globo de almacenamiento de gas en B.  
Dejar abiertas las válvulas 1 y 3, y cerrada la 2.  
Conectar el manto calefactor D a la red eléctrica.  
Conectar el mechero Bunsen en C.
- b. **Operación:**  
Observar la generación de gas por desnivel en el manómetro y la expansión gradual del globo de almacenamiento.  
Una vez que el globo se expandió totalmente, cerrar las válvulas 1 y 2 y conjuntamente con la apertura de la válvula 3 y presionando levemente el globo, encender el gas que sale por el mechero.  
La biodigestión anaeróbica es un proceso lento y la producción de biogas se puede observar a 3 días aproximadamente de la carga. Si el proceso ocurre a mayor temperatura se puede agilizar la producción de biogas (Se aconseja una temperatura de operación no mayor a 45 °C).
- c. **Descarga:**  
Una vez agotado el gas generado proceder a descargar el material digerido por la boca inferior del biodigestor en un recipiente colocado para ese fin y retirar el recipiente para el tratamiento posterior del residuo degradado que puede ser el compostaje - lombricultura o la neutralización con cal para su disposición final.  
Con las válvulas 2 y 3 cerradas y 1 abierta ingresar agua para el lavado del digestor.

Se programa entregar las unidades demostrativas en distintas instituciones educativas de nivel medio de la ciudad de Salta. Este equipo es un recurso didáctico de fácil uso y manipulación que a través de su construcción posibilita la interpretación de los procesos de digestión anaeróbica. La observación de este sistema de tratamiento y/o aprovechamiento anaeróbico de sustancias orgánicas permite a los alumnos integrar conocimientos específicos en el marco de la gestión integral de residuos generados en actividades domésticas, industriales, agrícolas y ganaderas.

El dispositivo demostrativo puede ser utilizado para el nivel superior realizando la siguiente modificación: El globo de almacenamiento se sustituye por un equipo de medición (desplazamiento de agua acidulada) y caracterización de gases (principio de reacción del CO<sub>2</sub> con el hidróxido de potasio). De esta manera se puede determinar la generación diaria de biogás (caracterizada en metano y dióxido de carbono) para un reactor de operación discontinua y distintos tipos de sustratos (residuo). Asimismo, se puede determinar el Carbono equivalente capturado por esta tecnología y su aporte a la mitigación frente al cambio climático.

3. Se presentan 4 facsímiles de las cartillas que se utilizan en los talleres y otros eventos de concienciación. Los mismos contienen la siguiente información:

Cartilla 1. Residuos generados en la ciudad de Salta y aspectos de la gestión necesaria para resolver la problemática de salud y ambiente en el marco de la reglamentación vigente.

Cartilla 2. El biodigestor en la escuela: Aspectos del montaje y operación segura de la unidad operativa.

La figura 2 muestra un esquema simplificado del dispositivo en un formato de fácil interpretación para docentes y alumnos en consonancia con estilo general del material gráfico.

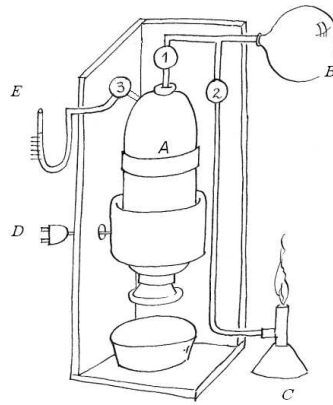


Figura 2: Esquema sencillo del dispositivo extraído de la cartilla N°2.

3. El biodigestor en el campo: Aspectos del diseño, dimensionamiento y operación segura del digestor tipo tubular utilizando residuos agrícolas y ganaderos.

4. El biodigestor para el tratamiento y/o aprovechamiento de la fracción orgánica municipal, minimización del impacto global por captura del metano como gas efecto invernadero.



Figura 3: Facsímiles de cartillas. 1: Problemática de los residuos. 2: El biodigestor en la Escuela. 3: El biodigestor en el campo. 4: El biodigestor en el municipio.

#### 4. Talleres de concienciación

Los talleres de concienciación fueron efectivos integrando la información de cartillas y el recurso didáctico. Como espacio de enseñanza que se distingue por la realización de un producto y exige la articulación entre conocimientos y saberes teóricos y prácticos, ha demostrado ser una estrategia fundamental para la concreción de los objetivos del proyecto. La misma se adecua perfectamente con el modelo de educación actual expresado en los lineamientos y criterios para la organización e implementación de estructuras curriculares de la provincia de Salta.

El modelo educativo planteado permite el desarrollo de un perfil activo, estratégico y responsable del estudiante y del docente proponiendo roles y actividades diferentes a los usos y costumbres tradicionales de la práctica educativa.

En la foto se observa el trabajo con alumnos de un colegio de la zona Norte de la ciudad de Salta, en el que participaron docentes y autoridades de la institución y donde se pretende integrar a los padres de alumnos en futuros eventos. El establecimiento elegido en este caso fue una escuela técnica perteneciente a un barrio donde la Municipalidad de la Ciudad de Salta tiene implementada la recolección diferenciada de los residuos sólidos urbanos por medio de la campaña “Separemos Juntos”, por la cual los vecinos entregan los residuos generados en sus domicilios, clasificados en residuos secos y húmedos (orgánicos).



Foto 1 y 2: Taller de concienciación dictado por alumnos de Ing. en Rec. Naturales e Ing. Industrial en la Esc. Técnica Bo Ciudad del Milagro.

Se evalúa el sistema planteado desde el punto de vista de los cuatro pilares de la educación:

- . Aprender a conocer: Se transmite el conocimiento del digestor anaeróbico como sistema de tratamiento y aprovechamiento de energía basado en reacciones microbiológicas en ambientes sin oxígeno primordialmente. Asimismo se prepara a los alumnos en habilidades transferibles. Se plantea como objetivo desarrollar conocimientos abiertos, flexibles y adaptables a cada situación, tal es el caso de tener en cuenta distintos escenarios: la escuela, el campo y las zonas urbanas con el conocimiento de la problemática específica de cada situación.
- . Aprender a ser: Se educa y forma al estudiante en el marco de lo que la sociedad actual necesita: un ciudadano informado, capaz de aplicar sus conocimientos y de realizar un análisis crítico en forma integral y con una gran capacidad de adaptación a las complejas problemáticas del mundo actual.
- . Aprender a hacer: Se desarrollan habilidades en la tecnología de tratamiento y/o aprovechamiento de materia y energía de los residuos orgánicos, compatibles con los contenidos procedimentales de las estructuras curriculares de la normativa educacional vigente.
- . Aprender a vivir con los otros: El sistema de enseñanza con el modelo de dispositivo propuesto y las cartillas didácticas permite adquirir y desarrollar las competencias desde una temprana edad, como una base sólida para el acceso a la educación superior y al trabajo. Simultáneamente se forma al estudiante con capacidades para desarrollar tareas en equipos, fortaleciendo comportamientos de activa participación y corresponsabilidad en su desarrollo social, personal y cívico. Esta perspectiva cumple con los objetivos generalmente planteados en los contenidos actitudinales de los proyectos curriculares escolares.

## CONCLUSIONES

Las estrategias desarrolladas muestran que la comunicación y educación ambiental se efectivizan con diversos mecanismos de articulación como es el uso de un modelo demostrativo de digestión anaeróbica y material gráfico con información general y específica de la temática abordada. Asimismo los talleres permiten la interacción con los distintos actores para no solo sensibilizar en los problemas ambientales, sino también para capacitar en las novedosas herramientas tecnológicas en el marco del desarrollo sustentable.

El dispositivo de aprendizaje del proceso de la biodigestión puede adaptarse a los distintos niveles de educación y considerarse una excelente estrategia que transversaliza diversos contenidos de la currícula educativa actual.

La integración del elemento demostrativo, el prototipo de biodigestor, permite realizar una tarea compleja en forma simple desarrollando habilidades pertinentes a la situación y tarea específica, en contextos de la escuela, el campo y la ciudad.

Se desarrollan competencias útiles y necesarias para aprender a lo largo de toda la vida, en una sociedad en cambio constante y cada vez más acelerado. La estrategia aplicada permite integrar al alumno como ciudadano participativo y activo en la resolución de los problemas más acuciantes de la sociedad, la crisis energética y la problemática ambiental.

## REFERENCIAS

Fukuda Parr, S. (2003). Informe sobre Desarrollo Humano. Los Objetivos de Desarrollo del Milenio: un pacto entre las naciones para eliminar la pobreza. Programa para las Naciones Unidas (PNUD). Ediciones Mundi-Prensa. España.

Ministerio de Educación de la Provincia de Salta. Dirección General de Educación Técnico Profesional. (2010). Lineamientos y criterios para la Organización e Implementación de las Estructuras Curriculares de la Educación Técnico Profesional correspondiente a la educación secundaria de la Provincia de Salta.

Ministerio de Educación de la Provincia de Salta. Dirección General de Educación Secundaria (2012). Diseño Curricular para la Educación Secundaria. Resolución 059/12.

Pizarro, Sergio. (2005). Biodigestor. Recursos Didácticos; 11), Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación - Instituto Nacional de Educación Tecnológica 1a edición, pp.152. Buenos Aires. ISBN 950-00-0519-0.

Plaza G. (2011). Aplicación de Instrumentos de Gestión Ambiental para lograr la Participación comunitaria en el Aprovechamiento Energético de Residuos Proyecto de Extensión. Universidad Nacional de Salta.

Uría Rodríguez, M. E. (2001). Estrategias didáctico-organizativas para mejorar los Centros Educativos. NARCEA, S.A de Ed. Madrid, España.

**ABSTRACT:** The current educational model focuses on self-managed learning by students and supervised by the teacher, it requires a new conception of learning activities, teaching and assessment generating a continuous interdependence and simultaneity that will achieve the key objectives in environmental education. Integrated Learning teaching resources generated using knowledge skills and attitudes to face a labor competency. This system introduces the student cooperative work within a framework of personal responsibility. It is proposed to use a training device developed as a demonstration Biodigestor to work within and outside the classroom, making the student understand and manage this technology practice that articulates with various curricular areas. The use of this resource is enhanced by artwork and awareness workshops.

**Keywords:** Environmental education, teaching resource, digester, anaerobic digestion, biogas.