

Una nueva sección que discute aspectos relacionados con la educación en el área de la tecnología.

Pertinencia de la educación. Estudio de un caso

*Elina Fernández Santana y José Ma. Ameneiros Martínez**

Introducción

El mundo gira en torno al poder del conocimiento, con cambios permanentes en los avances económicos, constituyéndose como la tarea política de cada nación hacerle frente a las fuerzas de la economía global. Sin embargo, la integración económica será incompleta sin un compromiso profundo referente a las dimensiones educativas, sociales y culturales.

La universidad latinoamericana está, pues, inducida a plantearse cómo podrá tener entrada constante y de manera más significativa al conocimiento del universo, o como construirlo con base en su entorno, considerando que es la causa principal de lo que se identifica como desarrollo y es el factor fundamental complementario al trabajo, al capital y a los recursos naturales.

Este nuevo paradigma comienza con la competencia generada por el libre mercado, ya que éste hace cambiar su función y su alcance: la docencia, la investigación y su extensión se ven sometidas a otra configuración, deben ser enfocadas desde un ángulo distinto, cuya base es la hipercompetencia mundial, fuerza externa que es la que impulsa a la universidad para que lidere no sólo la evolución sino el cambio social (Tünnerman, 1994).

Sus estilos formativos pueden desarrollarse centrados en el proceso docente, en el trabajo investigativo, científico-tecnológico, o en los procesos productivos mediante la acción empresarial (Ferro, 1985).

Con lo anterior, la universidad debe convertirse en mediadora de solución de los graves problemas sociales a través de su aporte a la productividad; para ello necesita precisar un sistema organizado que encauce sus estructuras, planes, acciones y recursos hacia este fin (Mayor Zaragoza, 1992).

El concepto de educación permanente es quizás

el hecho más importante en la historia de la educación de la segunda mitad del pasado siglo. Educación permanente quiere decir que no hay una etapa para estudiar y otra para actuar. Coombs (1996), refiriéndose a la educación permanente, manifiesta que un diploma universitario, no importa de qué nivel, es esencialmente la certificación de que un individuo ha sido preparado para que siga aprendiendo en el futuro.

Resulta evidente entonces que son muchas las estrategias posibles para que la educación superior asuma el reto que le impone el nuevo momento histórico denominado sociedad del conocimiento. Entre otras, se pueden señalar:

- Comprometerse con el desarrollo endógeno en lo referente a una formación integral; es decir, no sólo en conocimientos, también en sólidos valores personales y profesionales; comprometerse además con el crecimiento científico, tecnológico y de la comunicación, esto es, al servicio del hombre y su medio.
- Buscar permanentemente la integración de la docencia, investigación y extensión, convirtiéndolas en un gran quehacer universitario.
- Asumir su responsabilidad social y reconocer que está sujeta a la evaluación de la sociedad por la eficacia de su desempeño.
- Situarse en el contexto mundial, adaptándose al ritmo de vida contemporánea, pero siendo siempre predictiva, esto es, mucho más allá de su presente.
- Presentar una universidad abierta a la confrontación de conocimientos y tecnologías con las demás universidades a nivel nacional o internacional, o bien con instituciones extrauniversitarias.

El objetivo del presente trabajo es mostrar mediante el estudio de un caso cómo se pone de manifiesto la potencialidad de la universidad para dar soluciones a problemas tecnológicos y sociales que sean factibles, también, desde el punto de vista económico en el marco del respeto al medio ambiente, a través del desarrollo de las investigaciones curriculares y de posgrado.

*Facultad de Ingeniería Química. ISPJAE. 114 y 127 Marianao. CP 19300. La Habana, Cuba.

Teléfono: 260 7220, fax (537) 272964.

Correos electrónicos: elina@quimica.cujae.edu.cu, amen@quimica.cujae.edu.cu

Recibido: 4 de noviembre de 2002; aceptado: 10 de noviembre de 2003

Desarrollo

La crisis energética que enfrenta el mundo actual se debe, fundamentalmente, al uso indiscriminado de los combustibles convencionales. Esta situación obliga a la búsqueda de fuentes alternativas y renovables de energía.

El biogás, producto de la biodegradación anaerobia de desechos orgánicos, está compuesto, fundamentalmente, por diferentes proporciones de metano, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno. El metano es el combustible de la mezcla; la que es imprescindible purificar para hacerla compatible con el uso humano, pues tanto el CO_2 (g) como el H_2S (g) son componentes indeseables del biogás.

Las tecnologías que se emplean en el mundo para purificar el biogás están en manos de poderosos consorcios privados, por lo que la adquisición para su uso está limitada no sólo por sus costos, que de por sí son prohibitivos, sino también por las restricciones impuestas a la Isla por el bloqueo. Teniendo en cuenta la utilidad y la enorme fuente de energía que representa el biogás, los bajos costos de producción y la escasa contaminación ambiental que provoca, resulta estratégico y muy conveniente estudiar nuevas formas de purificación de procedencia nacional que den como resultados nuevas propuestas de tecnologías para su tratamiento en el país.

La dirección del Estado cubano estableció como uno de los principales lineamientos económicos trazados en 1997 que: ...“el ahorro y aprovechamiento más racional de los recursos de todo tipo constituirán en el quinquenio una premisa principal de trabajo en todas las esferas de la sociedad”, de ahí que dentro de los Programas Nacionales de Ciencia y Técnica se encuentre el denominado “Desarrollo Energético Sostenible”.

Este empeño lo hace suyo el Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” (CUJAE), donde precisamente uno de sus grupos realiza su trabajo investigativo con el biogás como fuente de energía alternativa. El presente caso forma parte de una de las líneas de investigación del grupo que constituyó el tema de doctorado de un docente de la Facultad de Ingeniería Química, y en el que participaron estudiantes de la misma especialidad realizando su diploma o formando parte de grupos científicos del departamento. Hubo, por tanto, **integración de la docencia, investigación y extensión como hacer universitario**. El objetivo central de este trabajo fue proponer una tecnología para la purificación del biogás.

En la búsqueda de una variante de purificación se desarrolló una **nueva metodología** que se enmarca dentro de un campo muy atractivo, el biológico, pues utiliza las bacterias sulfurosas presentes en las aguas residuales para lograr la purificación de los gases combustibles.

Las exigencias en la purificación del biogás dependen, principalmente, del uso a que éste vaya a ser destinado. Pero se puede concluir que en la mayoría de los casos para utilizar este combustible es necesario eliminar el sulfuro de hidrógeno que lo acompaña. Los métodos tradicionalmente usados para disminuir la concentración de H_2S (g) son los de purificación por adsorción, absorción y de purificación biológica.

El análisis bibliográfico realizado permitió **situarse en el contexto mundial, adaptándose al ritmo de vida contemporánea, pero siendo siempre predictivo**.

El método desarrollado consistió en poner en contacto el biogás con una cantidad pequeña de oxígeno (menor que el 5% del gas a tratar) en presencia de una superficie líquida de residuales domésticos o de residuales porcinos. El método de contacto que se aplicó en todas las experiencias con independencia de la escala, y por tanto, el recomendado para las variantes tecnológicas, es únicamente un fenómeno de superficie en que no se precisa de medios externos; por ejemplo agitación, burbujeo, etcétera.

Las pruebas fueron realizadas inicialmente a escala de laboratorio, luego de banco y, por último, a escala piloto, donde se trabajó con el residual porcino y el biogás ($0.05\% < \text{H}_2\text{S}(\text{g}) < 3\%$) alimentado de forma continua; se realizaron un total de 120 pruebas con seis réplicas.

La realización de estas 126 pruebas experimentales a escala de planta piloto se llevaron a cabo en la granja porcina “El Erial” perteneciente al Ministerio del Interior, adscrita al Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas, dada la imperiosa necesidad del *vínculo universidad-empresa* en el desarrollo y proyección de un centro de educación superior.

Los resultados en general, reflejan que para concentraciones de H_2S (g) iniciales de entre 0.05 y 0.5 % aproximadamente, la remoción de esta sustancia se encuentra entre 84 y 89%, ya sea para tiempos de residencia de 30, 40 o 60 minutos, mientras que para concentraciones de alrededor de 1 y 3% se alcanza una remoción de 98% o más. Se entiende por tiempo de residencia el tiempo en que permanece el

gas (mezcla de biogás y oxígeno) en el interior del equipo llevándose a cabo la operación. Se registra también una disminución sensible de la concentración de CO_2 (g) para todos los casos analizados.

Todo lo anterior conduce a expresar que mientras mayor sea la concentración de sulfuro de hidrógeno en el biogás, más se incrementará la remoción de este componente, pues aumenta el gradiente de concentración y se hace posible que los microorganismos presentes en el residual tomen energía de la oxidación de compuestos inorgánicos; en este caso del H_2S (g) y del CO_2 (g).

El análisis anterior establece entonces que para garantizar la efectividad del método biológico empleado se necesita: un medio residual como vector (portador de bacterias), presencia de oxígeno y existencia de H_2S (g) y CO_2 (g) para favorecer el crecimiento y desarrollo de microorganismos.

Se ha encontrado un método efectivo, sostenible y **novedoso** para purificar biogás, con muy pocos recursos.

De esta forma, se ha comprobado que se puede purificar biogás que contenga H_2S (g) en cualquier valor del rango de concentración posible de 0.05 a 3% por este método, con un tiempo de residencia en el equipo de hasta 30 minutos y que éste es suficiente para que los microorganismos sulfurosos presentes en las aguas residuales puedan consumir dicha sustancia en porcentajes elevados.

He aquí un **aporte científico** importante de esta investigación. Es la primera vez que se prueba un método que no consume reactivos o sustancias de importación, sino que aprovecha residuales contaminantes de desechos para purificar gases combustibles con contenido de H_2S (g) en rangos de concentración que barren todas las posibilidades determinadas en el país para estas mezclas gaseosas. En tiempo relativamente breve los microorganismos sulfurosos presentes han mostrado su capacidad para reducir los contenidos de dicha sustancia tóxica en elevados porcentajes. Esta nueva variante tecnológica presenta elementos de sustentabilidad que la hacen atractiva y sugieren abordar el procedimiento de escalado que permita su introducción en la práctica social.

De esta forma puede verse cómo **la universidad asume la responsabilidad social y reconoce que está sujeta a la evaluación de la sociedad por la eficacia de su desempeño.**

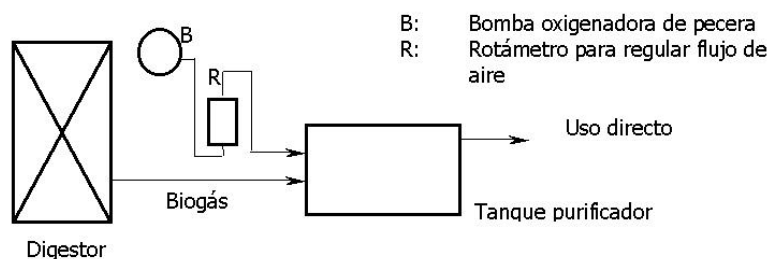


Figura 1. Esquema de la variante tecnológica (I) para purificar $18 \text{ m}^3/\text{d}$ de biogás.

Propuesta de tecnología

Variante tecnológica (I): Para una producción de biogás de $18 \text{ m}^3/\text{d}$.

Es la cantidad promedio de biogás obtenido en las empresas agropecuarias. El biogás está destinado fundamentalmente a la cocción de alimentos de la propia granja y el contenido de H_2S (g) oscila entre 0.1 y 1%.

Se establecieron sus especificaciones y el esquema que se muestra en la figura 1.

El Valor Presente Neto (NPV) correspondiente a la inversión de esta variante (I) es de \$767.50 USD.

Con la variante anterior se garantiza que con una pequeña inversión se logra obtener el combustible con las características de consumo recomendadas (niveles de H_2S (g) por debajo del 0.1%), no contaminantes del medio ambiente, ni nocivos para el ser humano.

Variante tecnológica (II): Producción de $18 \text{ m}^3/\text{d}$ de biogás en digestores con gasómetro incorporado.

En aquellos lugares donde exista el digestor con gasómetro incluido, para llevar a cabo la purificación sólo será necesario inyectar oxígeno, en proporciones definidas anteriormente, directamente a la entrada de la mezcla combustible al gasómetro con igual tiempo de residencia para ambos fluidos (figura 2).

Se establecieron sus especificaciones y se determinó el NPV de esta variante (II) como \$525.00 USD.

Esta inversión estará totalmente justificada, ya que quedan eliminadas las dificultades que trae el uso de un biogás que contenga H_2S (g) en valores no permisibles.

Variante tecnológica (III): Producción de biogás de $15,000 \text{ m}^3/\text{d}$.

Es la cantidad de biogás que se debe obtener en las plantas en construcción o proyecto de algunas destilerías, con el propósito de emplearlo como fuente de

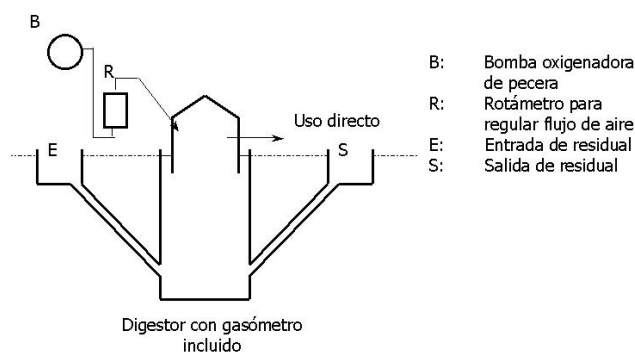


Figura 2. Esquema de la variante tecnológica (II) para purificar 18 m³/d de biogás.

energía en las calderas de las propias destilerías y en menor medida para utilizarlo en la cocción de alimentos de las poblaciones vecinas. El contenido de H₂S (g) presente en este gas es muy elevado (se encuentra alrededor de 3%) debido a la fuente de obtención. Esta característica lo hace extremadamente agresivo para los materiales de construcción, el hombre y el medio ambiente; es por ello que una parte importante de la inversión en dichos proyectos está dedicada a la disminución del mismo. Los digestores que producen alrededor de 15,000 m³ de biogás al día son del tipo UASB, con gasómetro exterior; por tanto es posible realizar en ellos esta tecnología con las siguientes especificaciones y se reduce el H₂S (g) en un 98% o más. Las dimensiones del gasómetro (Tanque purificador) y sus características son de acero recubierto con pintura epóxica, de diámetro 12.114 m y altura 4.88 m incluyendo la campana, que posee líquido residual albañal en lugar de agua, y que permite almacenar 500 m³ de biogás. El Valor Presente Neto (NPV) correspondiente a la inversión de esta variante (III) es de \$715.00 USD.

En la destilería “Heriberto Duquesne”, en Remedios, Villa Clara, Cuba, se desarrolla un proyecto para la producción de esta cantidad de biogás, donde

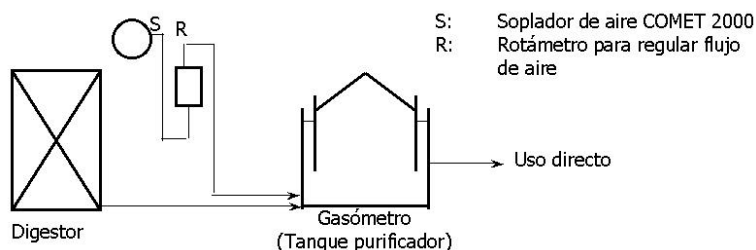


Figura 3. Esquema de la variante tecnológica (III) para purificar 15 000 m³/d de biogás.

la inversión correspondiente a la fase constructiva de las cajas purificadoras para la reducción de H₂S (g) con limallas de hierro es de \$260 000.00 USD según datos registrados en el Departamento de Presupuestos del Instituto de Proyectos Azucareros (IPROYAZ), mismos que podrían ahorrarse de emplear esta propuesta.

En todas las variantes se obtiene una energía más limpia, ya que se reduce considerablemente (hasta el 98 o 99%) la contaminación ambiental provocada por el H₂S (g), llevando éste hasta los niveles de inocuidad requeridos. Con estas propuestas realmente se demuestra la prioridad que se le debe dar a la educación y la investigación como pilares de un desarrollo económico en el marco del respeto al medio ambiente, tal como reportó Janna, en la revista UNESCO.

Con estas variantes tecnológicas, se pone de manifiesto un ejemplo de cómo se **orienta la educación superior hacia el progreso económico y social, de tal manera que transforme la demanda del medio y contribuya al mejoramiento del nivel de vida.**

Aportes al conocimiento científico técnico

Como resultados del trabajo de investigación realizado (Fernández, 1999), se obtuvo:

1. El método biológico desarrollado para la remoción del H₂S (g) en gases combustibles, en el que se pone en contacto una cantidad de éstos con pequeños volúmenes de oxígeno en presencia de aguas residuales albañales o porcinos, se utiliza por primera vez, con muy buenos resultados alcanzándose hasta 99% de remoción de H₂S (g) para tiempos de residencia de sólo 30 minutos.
2. Se han desarrollado variantes tecnológicas basadas en el método biológico propuesto en este trabajo que: emplea material de desecho como componente fundamental y pequeñas cantidades de O₂ (g); permite purificar el combustible hasta niveles compatibles con el uso humano; no provoca, ni contribuye a la contaminación ambiental, y es una metodología de bajo costo accesible a países en vías de desarrollo como Cuba.
3. El método biológico es mucho más económico que cualquiera de los métodos utilizados mundialmente hasta el presente para la desulfuración de grandes volúmenes (15,000 m³/d) de gases combustibles. Si se hubiera aplicado el

método biológico desarrollado en este trabajo con el empleo de gasómetros similares al descrito en la variante tecnológica (III) en la Empresa de Extracción y Perforación de Petróleo de la zona occidental de Cuba en que se ha puesto en funcionamiento una planta de tratamiento con Dietanol-amina (DEA) con un costo de inversión de 7.8 millones de dólares para purificar 157,000 m³/d de gas acompañante del petróleo con un contenido de sulfuro de hidrógeno inferior al 3%, sólo se hubiera invertido \$300,000 USD (figura 3), lo que resultaría 26 veces más barato. El procesamiento de masas de gas de esta magnitud puede alcanzarse ubicando los gasómetros —cuyas especificidades se citaron con anterioridad— en cantidad suficiente para admitir el volumen de gas generado.

4. Se pone a disposición de la industria cubana una metodología de bajo costo, factible de aplicar, con accesibilidad y elementos de sustentabilidad con la que es posible alcanzar resultados indiscutiblemente superiores a los obtenidos hasta ahora en el país.

Con los resultados obtenidos en este trabajo, esta **universidad queda abierta a la confrontación de conocimientos y tecnologías con las demás universidades a nivel nacional o internacional, o bien con instituciones extrauniversitarias.**

Queda claro pues, con el ejemplo mostrado, cómo está **comprometida la universidad con el desarrollo endógeno en lo referente a una formación integral; es decir, no sólo en conocimientos, también en sólidos valores personales y profesionales, y además con el crecimiento científico, tecnológico y de la comunicación. Esto es, al servicio del hombre y su medio.**

Todo este ejemplo constituye una muestra fehaciente de la PERTINENCIA DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO.

Conclusiones

- Las ideas anteriores permiten definir que para ingresar al nuevo momento histórico denominado sociedad del conocimiento y asumir el reto que le impone el próximo milenio, la universidad ya comienza a mirar con suma responsabilidad qué compromisos debe asumir ante los notables cambios económicos, políticos, sociales y tecnológicos para no quedar relegada con relación al desarrollo de las universidades de los países avan-

zados y en vertiginosa carrera, buscando profundos cambios en todos los ámbitos de la ciencia antes que asome el tercer milenio.

- A la educación superior le corresponde la formación del capital humano; invertir en él es facilitar el crecimiento y el desarrollo. Se ha comprobado que las naciones que más crecen son las que presentan tasas elevadas de inversión en educación (específicamente la universitaria), en lo que respecta a ciencia y tecnología. Por lo tanto, si al país se le abren nuevos caminos basados en la modernización de la economía y de la productividad, reconociendo además que el desarrollo económico y el cambio social corresponden al desarrollo humano, esta formación debe ser prioridad de las gestiones del Estado. ■

Bibliografía consultada

- Cesarine, G.; J. Pres; "Problems related to safety and reliability of materials in environments polluted by hydrogen sulfide"; *Ves. & Piping*, 55, 313-323, 1993.
- Coombs, P.; *Universidad e investigación en asterisco cultural*; Madrid; 1996.
- Escotet, M. A.; *Aprender para el futuro*; Madrid: Alianza Universidades; Editorial Alianza, 1992.
- Fernández, E.; *Metodología de bajo costo para disminuir la concentración de H₂S (g) en el biogás*. Tesis presentada en opción grado de Doctor en Ciencias Técnicas, 1999.
- Ferro, J.; *Universidad y desarrollo*; Ediciones Uninorte; Barranquilla, 1985.
- Hernández, C.; Energías Renovables; El biogás gana terreno; *Revista Bohemia*; 1995.
- IPROYAZ; "Datos del Proyecto Biogás del Heriberto Duquesne"; Departamento de Presupuesto; Ciudad de la Habana; 1998.
- Janna, H.; "La universidad europea en la sociedad"; UNESCO; París: Antillana; vol. III; No. 4.
- Kirk, R.; *Encyclopedia of Chemical Technology*, vol. XXII, 3^{ra} edición; España, 1984.
- Lettinga, G.; "Anaerobic digestion for energy saving and production"; *Energy from biomass*, IEC Conference; Inglaterra; Nov; 1988.
- Mayor Zaragoza, F.; *La misión cultural de la universidad en el siglo XXI*; UNESCO; París; 1992.
- Merck and Co.; *The Merck Index on Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*, 11th edition, USA, 1990.
- Purificación de Biogás*, Editora Sogesta, Italia, 1985.
- Ramírez de Castro, M.; "Sociedad del conocimiento en el umbral del próximo milenio: Un reto para la educación superior colombiana"; *Revista Institucional CUC*, 6, oct-nov; 1999.
- Tendencias, Misiones y Políticas de las Universidades*; Madrid Alianza; 1996.
- Tunnerman, C.; Seminario Internacional Reinvención de la Universidad; "Prospectiva para soñadores"; Bogotá; Colombia; junio, 1994.
- Vela, A.; "El gas como alternativa energética"; 1995.
- "Visión de la Universidad ante el siglo XXI". Ediciones Uninorte; Barranquilla; 1996.