

**Titulo: Evaluación de las potencialidades del uso del reformado de etanol y pilas combustibles para la producción de vapor de agua, calor y potencia.**

**Title: Evaluation of the potentialities of ~~the ethanol steam reforming and fuel cells~~ for the production of steam, heat and power.**

**Autores: Luis Ernesto Arteaga Pérez\*, Luis Manuel Peralta Suárez, Yannay Casas Ledón.**

**Centro de Análisis de Procesos. Facultad de Química-Farmacia. Universidad Central de Las Villas. Carretera de Camajuaní km 5 y 1/2. CP 54830.**

**Autor al cual dirigir correspondencia: [luisseap@uclv.edu.cu](mailto:luisseap@uclv.edu.cu)**

#### **Resumen**

En el presente trabajo se desarrolla la evaluación de un sistema de producción de electricidad basado en el uso de etanol y pilas combustibles. Se determinan las posibilidades para la recuperación de vapor de agua en varias etapas del proceso (pila combustible y unidad de post-combustión) y se muestra el potencial de recuperación térmica. El análisis permite estimar el calor y la potencia eléctrica generados en la pila combustible para variaciones de temperatura (823K a 973K) y relación molar entre reactivos ( $R_{AE} = 5$  a  $6.5 \text{ mol}_{\text{H}_2\text{O}} / \text{mol}_{\text{Etanol}}$ ). Los balances de masa y energía se resolvieron utilizando simulación modular secuencial con el software Aspen Plus 11.1.

**Palabras Clave:** Reformación, etanol, recuperación térmica, simulación.

#### **Summary**

The evaluation of a system to produce electricity based on ethanol and fuel cells was carried out in the present paper. The possibility for steam recovery in various process stages (fuel cell and post combustion unit) was also calculated as well as the potential of thermal recovery. The analysis allowed obtaining the heat released by the fuel cell and the electrical power at different temperatures (823K to 973K) and reagents ratios (5 to  $6.5 \text{ mol}_{\text{H}_2\text{O}} / \text{mol}_{\text{Etanol}}$ ). The mass and energy balances were solved using modular sequential simulation software (Aspen Plus 11.1).

**Key Words:** Reforming, ethanol, thermal recovery, simulation.

## **INTRODUCCION.**

La producción en gran escala de biodiesel y bioetanol a partir de diversas biomásas, es un tema que ha sido objeto de discusión desde el siglo pasado. Los biocombustibles, parecen ser una de las opciones, más viables en la actualidad, para sustituir parte del consumo de combustibles fósiles, en especial en el transporte, la cual es una de las actividades más difícil de reemplazar al petróleo y sus derivados<sup>4</sup>. Por todo ello el mercado de biocombustibles a nivel Mundial presenta una tendencia creciente sobre todo en Estados Unidos y la Comunidad Económica Europea, siendo América Latina, por sus condiciones favorables en cuanto a tierra disponible unos de los principales mercados suministradores.

En el debate actual de la problemática entre políticos, científicos, empresarios y comunidad existen diferentes criterios de las ventajas y desventajas que traería para América Latina una producción masiva de biocombustibles. La producción de biocombustibles a pesar de sus ventajas económicas inmediatas para algunos países de la región, su producción masiva en políticas neoliberales, podría producir significativos impactos negativos sociales y ambientales en estos países, por lo que se hace necesario la realización de estudios integrales y específicos de cada país, que evalúen la problemática desde una perspectiva a largo plazo y que garanticen el desarrollo sostenible, con un equilibrio entre crecimiento económico, sustentabilidad ambiental y equidad social.<sup>1</sup>

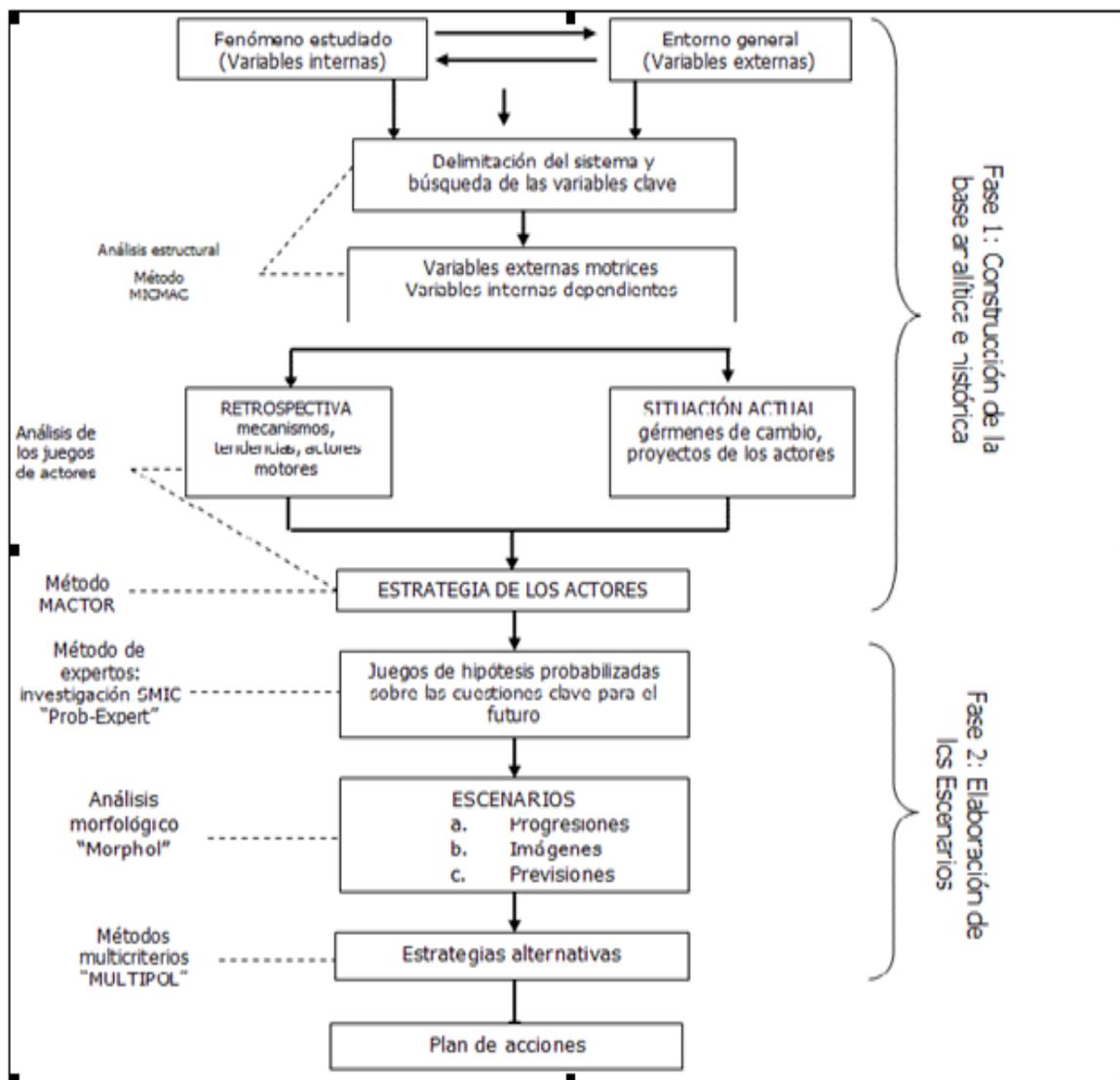
Las técnicas de prospectiva parecen ser una de las más adecuadas para realizar esta evaluación teniendo en cuenta que las mismas parten de la opinión de los diferentes actores involucrados en la problemática determinando las diferentes variables que entran en el proceso investigado y lo cual establece las bases para formular escenarios alternativos, visiones de largo plazo y procesos de cambio mucho más participativos, integrales, sistémicos y eficaces.<sup>5</sup>

## **DESARROLLO**

La metodología empleada en el trabajo es la propuesta por Michel Godet, en su libro “La Caja de Herramientas de la Prospectiva Estratégica”<sup>2</sup>.

La aplicación de este método permite la visualización de aquellos cambios tecnológicos, económicos, científicos, políticos, ambientales y sociales que marcarán del proceso analizado y permite determinar los escenarios futuros donde pueden estar inevitablemente insertados aportando elementos muy importantes al proceso de planeación y a la toma de decisiones al identificar peligros y oportunidades de determinadas situaciones futuras.<sup>3</sup>

Ella brinda los elementos básicos para suscitar un debate sobre el presente y la forma de encarar el futuro donde el rol de las Funciones Básicas de la Planificación (prospectiva, evaluación, coordinación y concertación) dan pie a un nuevo modelo de reestructuración de las políticas públicas identificando, los problemas o nudos críticos, el análisis de , la evaluación de sus impactos y la formulación de opciones–respuesta que superan el simple diagnostico y la proyección de circunstancias dando un exhaustivo balance de métodos, procesos y sistemas para la construcción de futuros. Las fases principales de la metodología se observar en la Fig. No. 1.



Como primera etapa de la investigación, se seleccionan los expertos que conforman el estudio. Estos expertos seleccionados a partir de un colectivo interdisciplinario y intersectorial de especialistas en la materia formularon la matriz DAFO, realizaron la selección y cruzamiento de las variables, analizaron el de juego de actores, la construcción de los escenarios y la formulación de las acciones estratégicas a seguir. Fue utilizado el método Delphi para garantizar la fiabilidad de la información suministrada por los expertos. Los resultados de la matriz DAFO se exponen a continuación

**FORTALEZA**

- 1.- Existe talento humano para la investigación, y producción de biocombustibles.
- 2.- Existe una rica biodiversidad en los diversos microclimas del país.

- 3.- La existencia de un mercado interno con capacidad de oferta y demanda inmediata.
- 4.- Una capacidad instalada para producir con eficiencia tecnológica.
- 5.- Desarrollo comunitario con capacidad de inserción en los procesos de producción.

**DEBILIDADES**

- 1.- Falta de financiamiento nacional para la Investigación – Desarrollo – Innovación
- 2.- Ausencia de una política estatal de biocombustibles.
- 3.- Ausencia de acciones coordinadoras y de priorización para la investigación.
- 4.- Elevado costo de producción en toda la cadena del valor.
- 5.- Falta de ordenamiento que considere el adecuado balance entre alimentos y energía.



Al ubicarse en el tercer cuadrante la posición estratégica es **ADAPTATIVA**, pero con un elevado peso en la posición del primer cuadrante, se comparte la posición estratégica entre ADAPTATIVA y OFENSIVA. La ubicación estratégica en una **posición adaptativa**, que significa que la prioridad es la necesidad de enfrentar las debilidades presentes que impiden aprovechar las oportunidades, hace formular el **problema estratégico** específico de la siguiente manera:

**Si se enfrenta prioritariamente la solución de las debilidades ausencia de una política estatal de biocombustibles, falta de financiamiento para la I+D+It y ausencia de acciones coordinadoras, que consideren los aspectos sociales entonces se podrán aprovechar la creciente importancia de la conciencia favorable al uso de energías renovables por su imagen ambiental positiva, la presencia de financiamiento externo y de potenciales compensaciones e incentivos.**

Por otra parte al ser válido considerar también el problema estratégico desde la posición ofensiva que significa el aprovechamiento de las fortalezas para generar oportunidades, se hace la formulación alternativa siguiente:

**Si se potencia el talento humano existente, la presencia de variedades de plantas y el desarrollo humano comunitario con capacidad de inserción en la producción de biocombustibles, la capacidad instalada y el mercado interno, entonces se podrá aprovechar la creciente conciencia favorable al uso de energía renovable por su imagen ambiental positiva, el aprovechamiento de compensaciones e incentivos económicos y financieros externos conjugados con la demanda de los mercados externos.**

### ACTORES CLAVES Y SU CLASIFICACION.

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1.- Congreso de la República. (A)                    | 9.- Sociedad Civil. (E)       |
| 2.- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Nat. (M) | 10.- Sector hidrocarburo (D)  |
| 3.- Ministerio de Energía y Minas. (D)               | 11.- Sector Financiero (A)    |
| 4.- Ministerio de la Agricultura. (M)                | 12.- Sector Académico (D)     |
| 5.- Ministerio de Salud y Asistencia Social. (E)     | 13.- Iniciativa Privada. (E)  |
| 6.- Ministerio de Finanzas Públicas. (E)             | 14.- Cooperación Nacional (E) |
| 7.- Ministerio de Economía. (E)                      | 15.- Trabajadores. (E)        |
| 8.- Cooperación Internacional. (D)                   | 16.- Ambientalistas. (A)      |
- (D): dominante, (M): dominado, (E): de enlace, (A): autónomo

### **VARIABLES CLAVES Y SU CLASIFICACION.**

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 1.- Costo. (E)                                | 8.- Producción. (E)                  |
| 2.- Disponibilidad de materias primas. (P)    | 9.- Contaminación. (M)               |
| 3.- Otorgamiento de créditos ambientales. (P) | 10.- Tecnología. (F)                 |
| 4.- Demanda. (P)                              | 11.- Precio. (E)                     |
| 5.- Capacitación técnica y tecnológica. (D)   | 12.- Calidad. (E)                    |
| 6.- Responsabilidad social. (E)               | 13.- Integración. (P)                |
| 7.- Concertación entre actores. (E)           | 14.- Educación y concientización (D) |
- (M): motriz, (D): dependiente, (E): enlace, (F): fuerte, (P): pelotón

Los expertos definieron como el ESCENARIO OPTIMISTA DESEADO: Se cuenta con las condiciones naturales, productivas, de investigación e innovación tecnológica y un apoyo estatal reflejado en la legislación y los incentivos para el despliegue de estas producciones.

### **CONCLUSIONES**

1. Las variables determinadas por el grupo de ..... *Contaminación*; única dependiente: *Educación y concientización*; única autónoma: *Tecnología*; variables de enlace, que revisten la importancia de ser aquellas sobre las que una acción puede amplificar o anular el impulso inicial, son: *Costo, Producción, Capacidad técnica y tecnológica. Concertación, Calidad, Precio, Transferencia de tecnología y Responsabilidad social*. Las variables de pelotón, cuyo comportamiento está influido por el comportamiento del equilibrio del sistema de variables, son: *Disponibilidad de materias primas, Demanda, Integración y Otorgamiento de créditos ambientales*.
2. Al evaluar por los expertos las hipótesis formuladas con vistas a precisar los escenarios más probables en que se desempeñará la producción de biocombustibles en Guatemala para el futuro se distinguen como las hipótesis más probables:
  - *La adecuada coordinación entre actores y factores de la producción de biocombustibles reducirá los costos de transacción y contribuirá al desarrollo sostenible de estas producciones.*
  - *El establecimiento de una clara estrategia de producción de biocombustibles facilita la gestión de financiamiento nacional e internacional.*

- *La potenciación del talento humano permitirá el desarrollo de la investigación y la innovación tecnológica y adecuar la asimilación de tecnologías apropiadas*
  - *La integración de las comunidades adecuada y racionalmente a la producción de biocombustibles potenciará el desarrollo socio económico local, la conciencia ambiental y el equilibrio sociedad – naturaleza.*
- 3.- El análisis de las acciones y políticas se pone de manifiesto que la *Acción, Promover la iniciativa de ley sobre biocombustibles y su correspondiente reglamentación*, constituye un elemento de entorno o trasfondo, mientras que las restantes acciones evaluadas clasifican como acciones de base, que encierran la menor incertidumbre y mayor importancia.
  - 4.- Las políticas de mayor trascendencia, según la evaluación de los escenarios previstos, son:
    - Gestionar con enfoque estratégico prospectivo y responsabilidad ambiental la producción de biocombustibles
    - Fijar en un cuerpo legal las directrices de la política y regulación estatal del tema
    - Utilizar subsidios, impuestos, sanciones, incentivos y regulación en política fiscal y monetaria activas a favor de la sostenibilidad de la producción de biocombustibles y alimentos

- Utilizar subsidios, impuestos, sanciones, incentivos y regulación en política fiscal y monetaria activas a favor de la sostenibilidad de estas producciones
- Incentivar el empleo de biocombustibles en la vida cotidiana de la población.

### **BIBLIOGRAFIA**

1. FAO. Reporte sobre la situación de la producción de biocombustibles en el MUNCO. Editorial Naciones Unidas. Editorial Naciones Unidas. 2008.
2. Godet, Michel. La Caja de Herramientas de la Prospectiva Estratégica. December 2002. Available from world wide web: <<http://www.prospektiker.es/documentos/Caja2000.pdf>>.
3. Laboratorio de investigación en Prospectiva Estratégica y Organización. "MULTIPOL". Criterio políticas múltiples. Marzo 2007c. Available from world wide web: <[http://www.3ie.org/lipsor/lipsor\\_es/multipol\\_es.htm](http://www.3ie.org/lipsor/lipsor_es/multipol_es.htm)>.
4. Manuel de Prospective Stratégique. Febrero 2005. Available from world wide web: <<http://www.amazon.fr/exec/obidos/ASIN/210003118X>, >.
5. López Bastida E. García Prado R. Desafíos para la producción sostenible de biocombustibles en América Latina. Revista Observatorio Colombiano de Energía. ISSN: 1657-480X. julio • septiembre 2008