



## Estrategia colaborativa para asimilar tecnologías energéticas alternativas y co-productos de biomasa forestal

### *Collaborative strategy to assimilate energy alternative technologies to attain biocombustible and co-products from forestry biomasse*

David Muto-Lubota<sup>I</sup>, Erenio González-Suárez<sup>II</sup>, Gilberto Hernández-Pérez<sup>II</sup>,  
Diana N. Concepción-Toledo<sup>II</sup>, Inti Yulien González-Herrera<sup>II</sup>

<sup>I</sup> Universidad 11 de Noviembre. Cabinda, Angola.

E-mail: [marciodeivy@yahoo.com.br](mailto:marciodeivy@yahoo.com.br)

<sup>II</sup> Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Santa Clara, Cuba.

E-mail: [erenio@uclv.edu.cu](mailto:erenio@uclv.edu.cu), [ghdez@uclv.edu.cu](mailto:ghdez@uclv.edu.cu), [dianac@uclv.edu.cu](mailto:dianac@uclv.edu.cu), [inti.glez@gmail.com](mailto:inti.glez@gmail.com)

Recibido: 19/06/2014

Aprobado: 18/09/2015

#### RESUMEN

El presente trabajo está orientado a establecer las bases de la estrategia colaborativa para la asimilación de nuevas tecnologías de obtención de biocombustibles y coproductos mediante la colaboración entre países del Sur. La elaboración del procedimiento de trabajo conjunto, refrendado por una combinación de diagramas heurísticos es un resultado novedoso en lo referente a la asimilación de tecnologías en colaboración entre universidades de países del Sur. Se obtuvo que la disponibilidad de nuevas tecnologías a escala de laboratorio, para la obtención de energía y productos químicos, en centros de generación de conocimientos de países del Sur es una oportunidad a potenciar. Se requiere profundizar en la colaboración entre los sectores de generación de conocimientos y las empresas, de manera que provoque sinergias que contribuyan al propio desarrollo de sus capacidades de aprendizaje y trasmisión de conocimientos.

**Palabras clave:** transferencia de tecnología, colaboración Sur-Sur, biocombustibles y energía, co-productos químicos, desarrollo sostenible.

#### ABSTRACT

This work aims to establishing the bases of a collaborative strategy for the assimilation of new technologies to obtain biofuels and co-products through the cooperation between countries of the South. The procedure of joint work characterized by a combination of heuristic diagrams is a novel outcome in relation to the assimilation of technologies in collaboration among universities of Southern countries. The effort made led the authors to conclude that the availability of new technologies at laboratory scale to obtain energy and chemicals, in centers of generation of knowledge in countries of the South, is an opportunity that should not be discarded, but it is necessary to deepen on the collaboration between the generation of knowledge sectors and companies, so as to cause synergies that will contribute to the self-development of institutions and to their capacities for learning and transmitting knowledge.

**Key words:** technology transfer; South-South cooperation; biofuels and energy; Chemical co-products; sustainable development.

## I. INTRODUCCIÓN

El modelo energético mundial está tomando un nuevo rumbo debido a la disminución progresiva de las reservas de combustibles fósiles, así como a los requerimientos de conservación del medio ambiente. Es por eso que la atención de los investigadores se está dirigiendo hacia la búsqueda de nuevas fuentes de energías limpias y renovables. No obstante la importancia de la energía para el desarrollo, tampoco debe olvidarse que la carencia de combustibles fósiles no solo afecta las fuentes de energía, sino también la de materias primas para la obtención de productos químicos de alto valor agregado, de los cuales hoy la sociedad dispone y necesita. Aquí se plantea como alternativa, el uso de la biomasa como fuente de energía y coproductos químicos de alto valor agregado. Esto significa que la tierra hay que verla como fuente de alimentos, agrocombustibles y productos químicos, una sinergia extremadamente retadora y también atractiva, en lo que una premisa importante es no destruir lo que la naturaleza ya ha creado. Esto, incorrectamente presentado y a veces mal ejecutado, ha dado lugar a una contradicción entre el uso de la tierra para alimentos o para biocombustibles u otras formas de energía.

El adecuado uso de la tierra y los recursos naturales vinculados con esta, es un problema trascendental en la solución de la tricotomía alimentación-agrocombustibles-productos químicos. Para resolver este problema debe partirse de premisas y conceptos frutos del acervo cultural de la propia humanidad. No puede sacrificarse la alimentación de los pueblos por excesivos gastos de energía y mucho menos por el gasto desmesurado e innecesario realizado por determinados sectores de la sociedad, en detrimento de las necesidades básicas de los sectores más amplios de la misma.

El incremento de la eficiencia del uso de la tierra es un problema apremiante del desarrollo económico de todos los países. En ello debe incidir favorablemente las posibilidades que ofrecen el desarrollo de la ciencia y la técnica, mediante el aprovechamiento de los materiales y residuos lignocelulósicos como fuente de energía y de co-productos químicos de alto valor agregado.

Ante este reto científico y tecnológico se concibió una alianza estratégica entre las universidades de dos países del sur (Angola y Cuba) para lograr asimilar nuevas tecnologías para la obtención de biocombustibles y la fabricación de co-productos químicos en el de menor desarrollo tecnológico (Angola). En este planteamiento estuvo presente la concepción de que las alianzas estratégicas permiten que dos o más organizaciones cubran sus flancos débiles, accediendo a capacidades complementarias.

## II. MÉTODOS

Considerando que el propósito de este trabajo, el método de investigación utilizado fue de asimilación de los principios metodológicos de la estrategia de procesos que deben ser consecuentemente aplicados para obtener los resultados científicos previstos en la investigación originaria. Se encaminan a formular un esquema de colaboración entre universidades de países del Sur, con el propósito antes señalado en la provincia de Cabinda, con apoyo de la formación científica de integrantes de los grupos participantes.

Fue necesario considerar las premisas para la ejecución de las tareas planteadas y los aspectos claves para la asimilación y transferencia de nuevas tecnologías para la obtención de energía y co-productos químicos de alto valor agregado. Se partió también de una vigilancia tecnológica en el plano internacional, centrada en el uso de la biomasa como fuente de materia prima para energía y coproductos. Entre los principales resultados de este proceso se destacan: los procedimientos de análisis técnico-económicos ya aplicados a la producción de energía y biocombustibles (Apostolakou *et al.*, 2009) y específicamente para la producción de biodiesel de Palma Africana (Chuan y Ani, 2007; Man Kee *et al.*, 2009) [1; 2; 3]. Se han utilizado para los estudios de producción de biodiesel y etanol de Palma Africana los métodos propuestos por Martínez Fernández *et al.* (2010) [17] de vital importancia al valora utilizar etanol y no metanol en la producción de biodiesel [4]. Lo anterior busca una tecnología más limpia (González Suárez, 2014), que se encuentra dentro de las variadas alternativas tecnológicas de producción de biodiesel según señalan Salvi y Panwar (2012) [5; 6]. Se

## **ESTRATEGIA COLABORATIVA PARA ASIMILAR TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS Y COPRODUCTOS DE BIOMASA FORESTAL**

deben considerar: el escalado de los procesos industriales (Gómez Pérez *et al.*, 2010) y los estudios de ciclo de vida (Fazio y Monti, 2011; Ardente y Cellura, 2012; Queiroz *et al.*, 2012) [5; 7; 8; 9]. Pues son utilizados con frecuencia en los estudios de posibilidades de asimilar una tecnología [1; 8; 10]. Se aconseja incluir en los estudios de factibilidad los aspectos concernientes a los comportamientos energéticos y exergéticos (Hepbasli *et al.*, 2007) [11]. Esto se ha hecho en los estudios de producción de aceite de Palma Africana (Jaimes *et al.*, 2010) y la combinación de todos los métodos en los estudios de factibilidad (Acevedo Pabón, 2012) [1; 12].

Se considera que paralelamente a la discusión, acepción y consenso acerca de la dimensión social de desarrollo, como consecuencia de la creciente crítica de los círculos ambientalistas al modo de vida contemporáneo, añadir la dimensión ambiental a la variable social de desarrollo. Esto significa mejorar la capacidad de vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan, para alcanzar los tres grandes objetivos: crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental.

Persiguiendo este fin y teniendo en cuenta la importancia de la obtención de vías alternativas para la producción de combustible y co-productos químicos de alto valor agregado, se propuso como materia prima, la utilización de los materiales lignocelulósicos. Estos elementos están formados por tres componentes principales: celulosa, hemicelulosa y lignina que son los polímeros más abundantes en la naturaleza.

Lo anterior, provocó el análisis del uso de un recurso renovable en la producción de energía considerando la posible generación de co-productos de alto valor agregado en procesos tecnológicos que aprovecharan los recursos naturales en su proceso de transformación de materias primas.

### **▪ La asimilación y transferencia de nuevas tecnologías para la obtención de energía y productos químicos de alto valor agregado a partir de la biomasa**

La transferencia tecnológica para los países receptores puede implicar riesgos muy serios en el momento de seleccionar la tecnología más adecuada. Por tal motivo, se utilizan métodos que propicien su mejor selección, que considerando factores técnicos, comerciales y económicos asociados a la tecnología como es habitual. Se estudian otros, tales como: la respuesta a un mercado pequeño, las restricciones de las materias primas, las limitaciones de calificación del personal y de infraestructura técnica. Éstos se incluyen en los métodos que emplea la estrategia de procesos y que han sido aplicados en las condiciones de la industria química y fermentativa cubana (Machado López *et al.*, 2007), en la cual se inscriben los biocombustibles y los coproductos químicos [13].

No siempre los resultados científicos poseen el grado de terminación necesario para su introducción en la práctica productiva en condiciones reales de los países en desarrollo. Se han dedicado pocos recursos al acabado necesario de los resultados para su transferencia al sector productivo debido a limitaciones financieras y concepciones erróneas que deben superarse. En este sentido, se valoró como oportunidad la disponibilidad de nuevas tecnologías de obtención de energía y co-productos químicos de alto valor agregado en centros de generación de conocimientos de países del Sur.

Debido a la incertidumbre presente en el impacto real de toda tecnología que va a ser transferida, se trabajó en la concepción de un proceder sobre bases científicas que permita una justa selección con una visión multiobjetivo de la mejor tecnología. Para ello se requirió de un trabajo colaborativo de los sectores de generación de conocimientos y las empresas involucradas.

Se partió de que para encontrar soluciones a estos problemas en las condiciones actuales, resulta importante la posibilidad de generar soluciones propias y la capacidad de asimilar de forma inteligente y en las condiciones locales, procesos tecnológicos de producción originados en el exterior. Sin embargo, las posibilidades de obtención de cualquier producto están determinadas, en primer lugar, por la existencia de materias primas disponibles, y en segundo, de tecnologías capaces de realizar su transformación en el producto deseado. Se infiere que sin biomasa no hay biocombustibles ni co-productos químicos, y sin tecnologías no hay transformación a co-productos químicos de alto valor agregado. Existen dos problemas científicos esenciales asociados a estos objetivos. El primero es resolver la adecuada disponibilidad de biomasa, sin perder de vista que en muchas ocasiones la tierra destinada para estos cultivos "compite" con la destinada a otros, o que la propia biomasa puede ser destinada a objetivos alternativos, como el de la alimentación humana (éticamente prioritario). El

segundo es lograr tecnologías competitivas y pertinentes con las exigencias del desarrollo contemporáneo. Aspectos insoslayables son aquí el hecho de que toda tecnología requiere energía y genera residuos, así como que da lugar a costos, genera impacto ambiental y decide la calidad del producto final.

Así, la diversidad de la biomasa y tecnologías disponibles permite estudiar varias alternativas de utilización de materiales y residuos (materias primas y residuos lignocelulósicos) como fuentes de obtención de biocombustibles y co-productos químicos de alto valor agregado. A las que se asocian otros problemas a resolver para hacer competitivas sus producciones, tales como: logísticos, tecnológicos, ambientales y financieros, incluyendo los problemas de escala y transporte que deberán ser evaluados en cada contexto específico. González-Herrera *et al* ha demostrado que las dificultades anteriores son susceptibles de ser optimizadas con métodos y herramientas computacionales de apoyo a la toma de decisiones [13].

La adquisición de tecnologías juega un importante papel en el proceso de acumulación de capacidades tecnológicas, orientando su gestión para usarla adecuadamente, adaptarla y mejorarla. Para lograr lo anterior, y buscando formas de trabajo que viabilicen con mejor eficacia, la transferencia de resultados del sector de generación de conocimientos a las empresas de los países en desarrollo, se propuso una división del trabajo entre los grupos participantes consistente en:

- El grupo del país receptor de las tecnologías se encargó de: determinar la disponibilidad de las materias primas, considerando su distribución territorial; definir las demandas energéticas y de productos químicos; calificar la fuerza de trabajo disponible, así como sus regulaciones jurídicas.
- El grupo colaborador de un país del sur, estuvo encargado de estudiar y dar los pasos de asimilación a nivel de laboratorio, de las tecnologías disponibles para la producción de bioenergéticos y productos químicos. Con el uso de las materias primas disponibles en el territorio del país que asimilará las nuevas tecnologías para bioenergéticos y coproductos. Es importante tener presente, que los “[...] estudios experimentales a nivel de laboratorio son la base fundamental para el desarrollo de las propuestas tecnológicas y es necesario su investigación a nivel de planta piloto” (Oliva Conyedo, 2010) [14]. Esto es de especial importancia para el cambio de escala en procesos, en las etapas fundamentales y en procesos auxiliares (de filtración, centrifugación, de suministro de materiales y movimiento de productos, entre otros). Permite evaluar los factores críticos dentro del mismo, aunque son costosos por los gastos requeridos para inversiones y en operaciones [15].
- De conjunto y con apoyo de estudios de mercado de energía y co-productos, así como de vigilancia tecnológica y disponibilidad de materias primas, se definen las tecnologías de mayor opción para su asimilación en el país receptor.
- De conjunto, se realizan los estudios de evaluación técnica, energética, económica y ambiental para asimilar las tecnologías de bioenergéticos que se decidan. Es por ello que en los estudios previos inversionistas se determinan *ex-ante* sus posibilidades de éxito, tanto en lo tecnológico como en lo económico y lo ambiental. Se debe considerar desde el punto de vista metodológico, los problemas de incertidumbre (lo que no siempre se hace), agrupados en cuatro direcciones, a saber:
  - Incertidumbre en los datos de diseño de los equipos.
  - Incertidumbre en la disponibilidad del equipamiento.
  - Incertidumbre ante los cambios en el entorno.
  - Incertidumbre ante cambios futuros.

Esta colaboración que integra la labor de al menos dos instituciones de la comunidad científica, conlleva desde su propia concepción, un reto de cooperación internacional en el plano científico de la gestión de ciencia y tecnología entre diferentes grupos de trabajo de ambos países. Esto genera una adecuada sinergia, contribuyendo al desarrollo de las instituciones y sus capacidades de aprendizaje y transmisión de conocimientos en el marco de la colaboración Sur – Sur. En específico y en el centro del trabajo de la actividad proyectada, está la formación de al menos un doctorante del país receptor encargado del control operativo del proyecto y de varios alumnos de pregrado de las universidades participantes.

# ESTRATEGIA COLABORATIVA PARA ASIMILAR TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS Y COPRODUCTOS DE BIOMASA FORESTAL

## II. RESULTADOS

Para la elaboración de esta estrategia colaborativa se determinó que los dos productos obtenidos a partir de biomasa y sobre los cuales han mostrado mayor interés la comunidad científica internacional, son el etanol y el biodiesel (Albernas *et al.*, 2007; Placeres *et al.*, 2012). Dos combustibles líquidos alternativos obtenidos por vías transformativas (Romano y González Suárez, 2009) [16; 17; 18].

Precisamente, para la producción de etanol se ha planteado como alternativa de muchas perspectivas, el etanol producido a partir de materiales lignocelulósicos, fundamentado por Mesa Garriga *et al.* (2011), aunque debe continuarse trabajando en la búsqueda de su factibilidad económica (Oliva Conyedo *et al.*, 2011). Para dicho objetivo debe hacerse énfasis en las áreas de investigación siguientes (Claro, 2010/a/; /b/) [15; 19; 20]:

- Alternativas de pre-tratamiento de la biomasa.
- Desarrollo de enzimas que provean mayor y más rápida conversión.
- Destino final de los residuos sólidos después de la etapa de hidrólisis enzimática.
- Evaluación de las potencialidades de los co-productos.
- Estudios de sensibilidad para reducir y hacer competitivos los costos.
- Estudios de integración material y energética.
- Estudios de disponibilidad de las materias primas como apoyo a las decisiones sobre localización, capacidad y tamaño de instalaciones.

En la producción de biodiesel mucho se ha hablado sobre las materias primas a utilizar, donde resulta significativa la evaluación realizada en Colombia, de las alternativas de emplear como materia prima el aceite de palma o el aceite de Higuera (Acevedo Pabón, 2012) [1]. Es importante también la valoración del uso de la cachaza como fuente de biodiesel en el contexto de la estrategia de desarrollo de la industria de la caña de azúcar como biorefinería (García Prado *et al.*, 2011) [1; 21].

Por lo anterior, se concluyó, que era necesario disponer de herramientas metodológicas para que los países en desarrollo puedan avanzar en la transferencia y asimilación de estas tecnologías. Entre las que se destacan (González Suárez, 2014): “[...] las metodologías científicas para la adquisición y adaptación de tecnologías, la selección y evaluación de tecnologías y el diseño local de la tecnología más apropiada a la realidad de cada uno de los países” [22]. A la definición anterior contribuyen los resultados de la investigación que se presentan en el presente artículo.

Para evaluar las posibilidades de asimilación de una tecnología, particularmente las necesarias para la generación de energía y co-productos de alto valor agregado a partir de biomasa forestal en un contexto determinado, debe tomarse ineludiblemente en consideración:

- La asimilación de una nueva tecnología requiere su evaluación en el menor tiempo posible; una tarea de tal magnitud requiere de criterios y métodos de evaluación rápidos y precisos.
- Una de las formas más comunes de materializar un proceso de transferencia de tecnología es mediante una inversión, por lo que es necesario considerar las ventajas y desventajas de cada alternativa respecto a cada uno de los objetivos propuestos, y realizar un adecuado balance de estos con un criterio de evaluación multiobjetivo. En este aspecto resulta importante reiterar, que el carácter multiobjetivo de la evaluación de una inversión viene dado por los crecientes requisitos ambientales que impone un desarrollo sostenible, sin desconocer que no se puede alcanzar la mejor entre todas las respuestas de un sistema de múltiples funciones, sin que esta represente una solución de compromiso.
- A la hora de evaluar tecnologías específicas se plantean interrogantes que favorecen el proceso de selección de la mejor entre las evaluadas, que no siempre pueden ser respondidas solo a partir de la información técnica disponible. Principalmente cuando, por acciones de vigilancia tecnológica y con una visión prospectiva, se avizoren oportunidades de tecnologías emergentes que en muchos casos sin un completo desarrollo, pueden resultar de gran interés (Puchalski *et al.*, 2008) [10].
- El efecto de la variación en los estimados utilizados en los análisis económicos puede determinarse con un análisis de sensibilidad. Resulta adecuado incorporar a los indicadores más recomendados y

**D. MUTO-LUBOTA, E. GONZÁLEZ-SUÁREZ, G. HERNÁNDEZ-PÉREZ, D. CONCEPCIÓN-TOLEDO,  
I. Y. GONZÁLEZ-HERRERA**

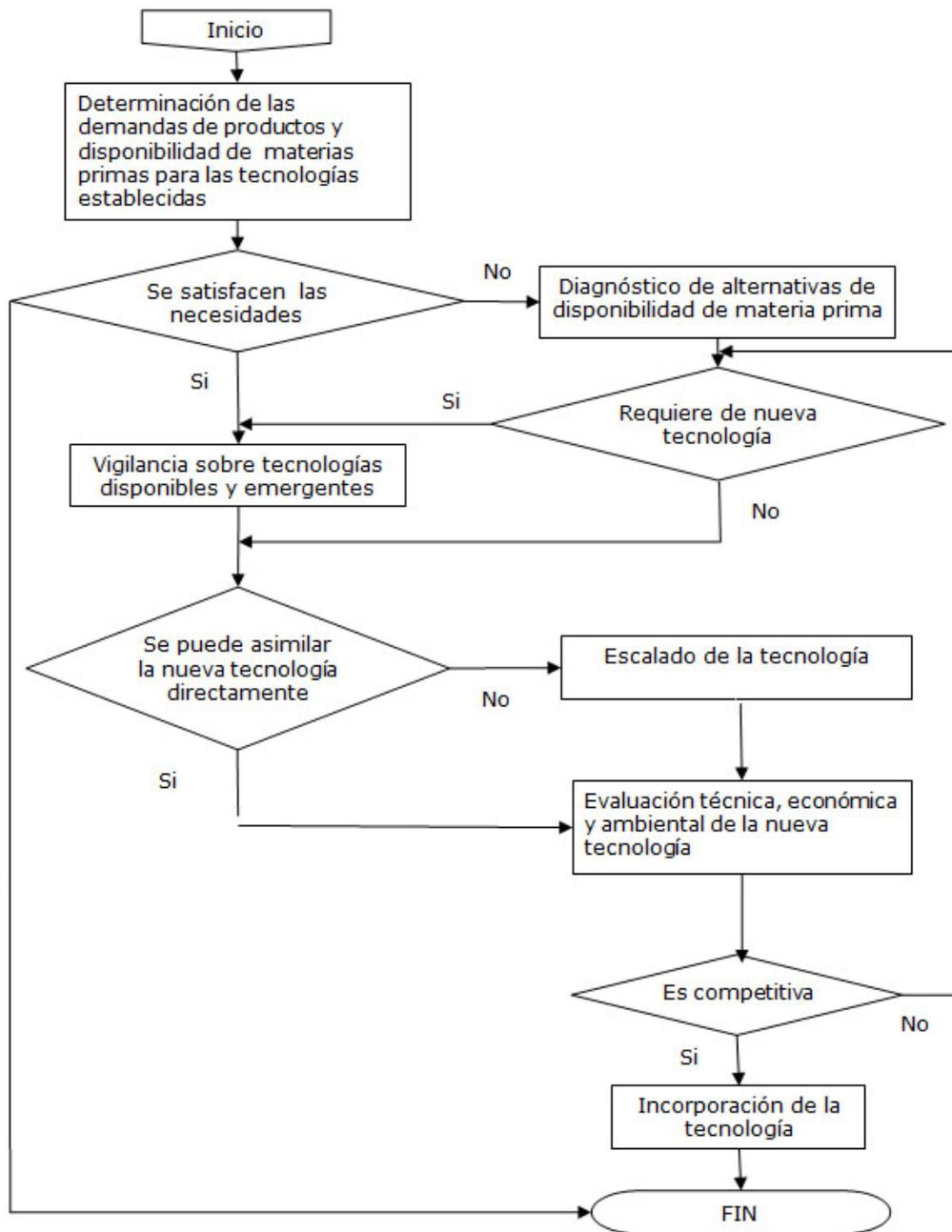
experimentados para el uso de la biomasa como fuente de productos químicos y energía los métodos de evaluación y decisiones multicriterio como parte de la estrategia de trabajo<sup>1</sup>.

- La evaluación de las decisiones inversionistas debe considerar que la vida útil de una instalación industrial se extiende hacia el futuro, deberá evidenciar un buen comportamiento (tecnológico, ambiental, energético y económico), en condiciones de diseño y ante los cambios que se avizoren. Mientras más incierto e impreciso es el pronóstico, también lo es su diseño óptimo, que debe tratar de asegurar las mejores condiciones futuras. Por lo tanto, resulta imprescindible al gestionar el conocimiento en el diseño y escalado de los procesos de la industria química y fermentativa, y considerar la incertidumbre para determinar la necesidad de una profundización científica a través de investigaciones previas. Llevar los resultados del trabajo a escala industrial requiere evaluar la incertidumbre en apoyo al diseño del producto y a la ingeniería de proyectos. Para comprobar las condiciones de operación en situaciones ideales y evaluar estratégicamente el impacto en el comportamiento de probables variaciones que incidan en el mismo.
- En el interés del trabajo colaborativo de los grupos de investigación para lograr la asimilación de una tecnología, es importante utilizar todos los resultados disponibles del conocimiento, incluso en el plano metodológico.
- Derivado de lo anterior, en el marco se confeccionó y comprobó prácticamente un procedimiento metodológico para asimilar tecnologías de obtención de energía y co-productos de alto valor agregado a partir de biomasa forestal. Esto se observa en la figura 1, donde se combinan diferentes herramientas de apoyo a la toma de decisiones en la ejecución de un conjunto de tareas específicas que conforman la estrategia colaborativa desarrollada con estos fines.

---

<sup>1</sup>. Pérez Martínez, A.; Julián, M. C.; Gonzalez Suárez, E.; Gómez Perez, A.; Oquendo Ferrer, H.; Galindo Llanes, P.; Ramos Sanchez, L., Procedimiento para enfrentar las tareas de diseño en la industria azucarera y sus derivados. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 2012,11(2)

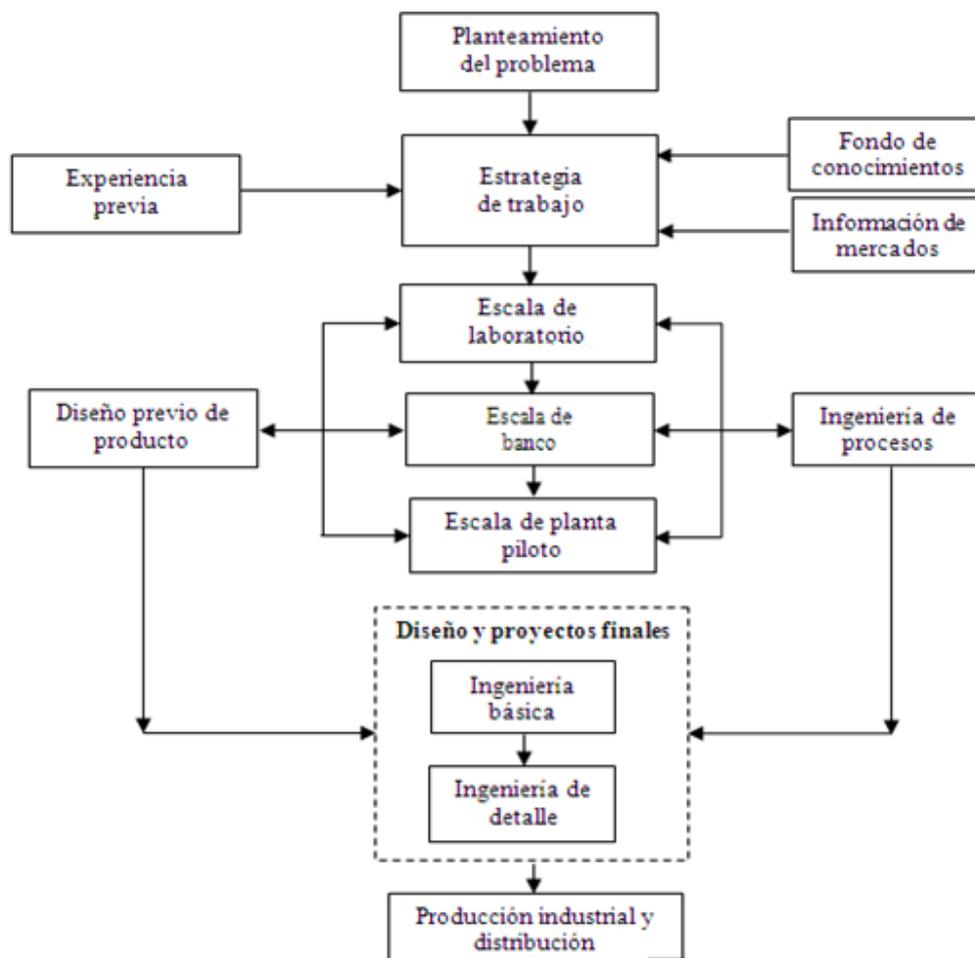
**ESTRATEGIA COLABORATIVA PARA ASIMILAR TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS Y COPRODUCTOS DE BIOMASA FORESTAL**



**Figura 1.** Diagrama heurístico para el análisis de la asimilación de una tecnología

Se incorpora, por su pertinencia, el procedimiento general el esquema para el trabajo de investigación – desarrollo (I+D) y la ingenierización de producciones de la industria química y biológica de Sáez Sánchez (1999) que se muestra en la figura 2 <sup>2</sup>.

<sup>2</sup> SÁEZ, T. W., «Ingenierización e innovación tecnológica».



**Figura 2.** Esquema del papel de la I+D y la ingeniarización en el desarrollo de tecnologías típicas de productos de tipo químico, biológico, etcétera  
**Fuente:** Sáez Sánchez (1999) [31].

De idéntico modo, sugerencias sobre qué buscar y qué hacer para lograr información en las plantas pilotos para los casos en que se trabaja con biomasa como materia prima, han sido propuesto en otros trabajos de investigación realizados al efecto (por ejemplo, Oliva Conyedo *et al.*, 2010) [19]. Sin duda las mismas se enlazan en el procedimiento con los aspectos concernientes al uso de las herramientas para la toma de decisiones cuando se utiliza la biomasa como fuente de productos químicos y energía (González Herrera *et al.*, 2012) [13].

### III. DISCUSIÓN

Según lo anterior, el problema socio-económico que se abordó vinculado con el aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía y materia prima para obtener energía y co-productos químicos de alto valor agregado, implica resolver la limitante de la: inexistencia, de un plan estratégico que permita elaborar alternativas de contribución al desarrollo sostenible para la producción de bioenergéticos y productos químicos en la zona de Cabinda, Angola.

Así y en consecuencia, el objetivo de la colaboración bilateral es entonces: desarrollar alternativas para la producción de bioenergéticos y co-productos químicos mediante la utilización de la biomasa forestal y residual disponible, determinando su

## ESTRATEGIA COLABORATIVA PARA ASIMILAR TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS Y COPRODUCTOS DE BIOMASA FORESTAL

factibilidad técnica, socio-económica y ambiental para contribuir también con ello a la transformación progresiva de la matriz energética en Cabinda, Angola, desagregado en los objetivos específicos siguientes:

**Objetivo 1:** Diseñar y ejecutar un plan de vigilancia tecnológica que permita implantar y adaptar las tecnologías para la transformación de la biomasa forestal y residual como materia prima para la producción de bioenergéticos y co-productos químicos.

**Objetivo 2:** Determinar la disponibilidad y distribución territorial de esta biomasa para conocer las potencialidades reales de este recurso.

**Objetivo 3:** Establecer un sistema de recolección, transportación y pre-tratamiento de la biomasa a partir de su disponibilidad para su posterior uso como materia prima.

**Objetivo 4:** Fundamentar científicamente el procedimiento para la evaluación de alternativas de asimilación de tecnologías para la producción de bioenergéticos y co-productos a partir del uso eficiente de esta biomasa.

**Objetivo 5:** Diseñar y aplicar un procedimiento de asimilación de tecnologías para determinar las alternativas de aprovechamiento de la biomasa forestal y residual de acuerdo con su viabilidad técnica, socioeconómico y ambiental.

Para lograr estos objetivos se proyectó la ejecución de un conjunto de actividades generales, en las cuales deben intervenir especialistas de diferentes ramas del conocimiento de ambos grupos de trabajo, que se describen a continuación:

- Definición de la demanda de productos a obtener de acuerdo con los estudios de mercado.
- Determinación de las disponibilidades de materias primas por cada región del territorio.
- Búsqueda de financiamiento para las investigaciones a escala de laboratorio y la asimilación de las tecnologías básicas.
- Búsqueda de financiamiento para las tecnologías a escala de banco y escalado de las tecnologías básicas a utilizar.
- Búsqueda de financiamiento para las instalaciones de planta piloto.
- Diseño tecnológico y mecánico de los equipos para la escala de planta piloto, considerando la incertidumbre.
- Estudios técnico-económicos del diseño de planta piloto para determinar puntos débiles y resolver problemas de ingenierización.
- Estudios tecnológicos de planta piloto para obtener información con vistas al diseño industrial que garantice el funcionamiento estable de la instalación.
- Determinación de las condiciones de óptimo diseño industrial.
- Diseño del equipamiento industrial para ser transferido.
- Determinación de la capacidad y localización (macro) de las instalaciones.

Para ejecutar este conjunto de actividades se requiere el potencial de más de un centro de generación de conocimientos de países del sur y la aplicación de una estrategia conjunta de trabajo que implica la utilización de los diagramas heurísticos elaborados y los proyectos específicos para evaluar cada alternativa posible.

### IV. CONCLUSIONES

1. La colaboración en su industrialización, sin afectar las necesidades alimentarias y sin agredir el medio ambiente, es un problema cardinal de la ciencia, a la vez de una demanda de la práctica y una potencialidad de las instituciones de generación de conocimientos de los países implicados. Debido a la potencialidad de la biomasa forestal y residual como fuente de energía y productos químicos, así como las experiencias de trabajos existentes en las universidades de los países del Sur en el desarrollo de los procesos con este objetivo
2. La tendencia actual hacia la obtención de energía y productos químicos de alto valor agregado a partir de fuentes renovables, plantea problemas que deben ser considerados en la estrategia de investigación para la evaluación de alternativas viables. El uso de la biomasa presenta obstáculos a superar, debido a la carencia de tecnologías factibles y los problemas de economía de escala que son frenados por problemas de incertidumbre y de requerimientos de transportación de las materias primas.

**D. MUTO-LUBOTA, E. GONZÁLEZ-SUÁREZ, G. HERNÁNDEZ-PÉREZ, D. CONCEPCIÓN-TOLEDO,  
I. Y. GONZÁLEZ-HERRERA**

3. Para gobernar cualquier propuesta de utilización de la tierra, que es preservar y mejorar la calidad de vida de la población actual y de las generaciones futuras habrá que conjugar muchos factores, entre los que se destacan el uso de tecnologías adecuadas, la conservación del medio ambiente y el buen uso de los recursos naturales. Esto no siempre se ha logrado en la producción de biocombustibles, dando lugar a un "temor natural", pero que científica y tecnológicamente tienen solución, sobre todo si esta se sustenta en los aportes metodológicos de esta investigación.
4. Las necesidades de biocombustibles, productos químicos y alimentos para el desarrollo sustentable de la humanidad es una tricotomía que no puede ser relegada y mucho menos desatendida. Para ello los procedimientos aquí propuestos son una atractiva contribución al vincular resultados anteriores del conocimiento mediante una adecuada colaboración internacional.
5. La disponibilidad de nuevas tecnologías a escala de laboratorio para la obtención de energía y productos químicos en centros de generación de conocimientos de países del Sur, es una oportunidad que no debe ser descartada, sino más bien potenciada, aunque para ello sea necesario minimizar el problema del desconocimiento que genera incertidumbre.
6. Debido a que también existe incertidumbre sobre el impacto real de toda tecnología que va a ser transferida, se requiere profundizar en la colaboración entre los sectores de generación de conocimientos y las empresas, de manera que provoque sinergias que contribuyan al propio desarrollo de las instituciones y sus capacidades de aprendizaje y transmisión de conocimiento. 

#### **IV. REFERENCIAS**

1. Apostolakou AA, et al. Techno-economic analysis of a biodiesel production process from vegetable oils. *Fuel Processing Technology*. 2009;(90):1023-31. ISSN 0378-3820.
2. Chuan CW, Ani FN. The economic evaluation of the production of oil palm. *Journal Teknologi*. 2007;46(A):43-52. ISSN 2180-3722.
3. Man Kee L, et al. Life cycle assessment for the production of biodiesel: A case study in Malaysia for palm oil versus jatropha oil. *Biofuels, bioproducts & biorefining*. 2009(3): 601-12. ISSN 1932-1031.
4. Martínez Fernández D, et al. Life cycle assessment for joint production of biodiesel and bioethanol from African palm. *Chemical Engineering Transactions*. 2010 (21):1314-20. ISSN 1974-9791.
5. Ardente F, Cellura M. Economic allocation in life cycle assessment: The state of the art and discussion of examples. *Journal of Industrial Ecology*. 2012;6 (3):387-98. ISSN 1743-9671.
6. Salvi BL, Panwar NL. Biodiesel resources and production technologies – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012;16(6):3680-9. ISSN 1364-0321.
7. Gómez Pérez CR, et al. Escalado primario de plantas para la obtención de biocombustibles. *Centro Azúcar*. 2010;37(1): 8-14. ISSN 0253-5777.
8. Fazio S, Monti A. Life cycle assessment of different bioenergy production systems including perennial and annual crops. *Biomass and Bioenergy*. 2011 (35):4868-78. ISSN 09619534.
9. Queiroz AG. The life cycle assessment of biodiesel from palm oil ("dende") in the Amazon. *Biomass and Bioenergy*. 2012;(36):50-9. ISSN 0961-9534.
10. Puchalki C, et al. Evaluación multilateral de tecnologías en los estudios inversionistas para la renovación de instalaciones industriales de procesos químicos y fermentativos. *Centro Azúcar*. 2008;35(4):15-22. ISSN 2223-4861.
11. Hepbasli A, et al. Energetic and exergetic aspect of cotton stalk production in establishing energy policies. *Energy Policy*. 2007;35 (5):3015-24. ISSN 0301-4215.
12. Jaimes W, et al. Exergy analysis of palm oil biodiesel production. *Chemical Engineering Transactions*. 2010; (21): 1345-50. ISSN 1974-9791.
13. González Herrera IY, et al. Tools for decision-making support in biorefineries development. En: *Memoria 20th European Biomass Conference*. Milán, Italia. Eubce. p. ISBN 978-88-89407-54-7.
14. Oliva Y, et al. Estrategia investigativa para el escalado industrial de una nueva tecnología de obtención de etanol de bagazo de caña de azúcar. *Centro Azúcar*. 2010;37(2):92-100. ISSN 2223-4861.
15. Oliva Y, et al. Análisis técnico-económico comparativo de las alternativas de producción de etanol y fufural del bagazo de caña de azúcar. *Centro Azúcar* 2011;38(2):84-9. ISSN 2223-4861.

## **ESTRATEGIA COLABORATIVA PARA ASIMILAR TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS Y COPRODUCTOS DE BIOMASA FORESTAL**

16. Albernas Carvajal Y, et al. Utilización de la Biomasa Residual en la Producción Conjunta de dos Biocombustibles: el Bioetanol y el Biodiesel. Revista Ingeniería Química Tercera Época Uruguay. 2007 (31):39-45. ISSN 0797-4930.
17. Placeres Remiur A, et al. Gestión de ciencia y técnica para el desarrollo prospectivo de tecnologías obtención de etanol, productos y otros biocombustibles de la industria de la caña de azúcar. Centro Azúcar 2012;39(2):41-55. ISSN 2223-4861.
18. Claro M, et al. Impacto de la vigilancia tecnológica en la proyección de las investigaciones de producción de etanol a partir del bagazo de la caña de azúcar. Parte I. Centro Azúcar. 2010;37. 2 abril -junio:pp 65-70. ISSN 2223-4861.
19. Claro M, et al. Impacto de la vigilancia tecnológica en la proyección de las investigaciones de producción de etanol a partir del bagazo de la caña de azúcar. Parte II. Centro Azúcar. 2010;37(3):67-72. ISSN 2223-4861.
20. Mesa L, et al. Comparison of process configurations for ethanol production from two-step pretreated sugarcane bagasse. 2011;175:185-91. ISSN 1385-8947.
21. García R, et al. Labor de la comunidad científica para la fundamentación de la asimilación de una Tecnología de obtención de biodiesel de residuos sólidos de la industria de la Azúcar de caña. Centro Azúcar. 2011; (3)51-62. ISSN 0253-5777.
22. González E. Posibilidades de aprovechamiento integral de la caña de azúcar para biocombustibles y coproductos. Conferencia magistral,. En: Memorias de la CIBSCOL. Cartagena de Indias, Colombia. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. ISBN 958-33- 5160.