

Cooperación Internacional de Universidades Sur-Sur y el Parque Tecnológico de Misiones para superar limitaciones de tecnologías emergentes

Carmen A. Salvador Pinos ^{a*}, Layanis Mesa Garriga ^b, Erenio González Suárez ^b, Carlos E. Galián^c, Juan E. Miño Valdés ^d

^a Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Central del Ecuador.

^b Facultad de Química y Farmacia, Universidad Central de Las Villas, Cuba

^c Parque Tecnológico de Misiones, Posadas, Argentina

^d Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, Argentina

casalvador@uce.edu.ec, leyanimg@uclv.edu.cu, erenio@uclv.edu.cu,

galianunam@gmail.com, minio@fio.unam.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo se expone una estrategia de desarrollo prospectivo de una instalación de la industria de la caña de azúcar en la provincia de Misiones, Argentina, previo un diagnóstico de las limitaciones tecnológicas, ambientales y económicas. La estrategia se fundamenta en las tendencias actuales de la industria de la caña de azúcar y, a través de un trabajo colaborativo de tres universidades del Sur, con apoyo de un Parque Tecnológico, se definen alternativas de inversión. Se conceptualizan los aspectos clave y las acciones que deben lograrse en los estudios de escalado. Se propone un procedimiento para el escalado a nivel industrial de una tecnología de obtención de etanol y co-productos a partir de residuos lignocelulósicos, para preparar los resultados de la investigación para su transferencia al sector empresarial. Se define una estrategia de colaboración internacional para el desarrollo de tecnologías de obtención y reciclado de enzimas, se detallan las fases del escalado y se enfatiza en la necesidad de disminuir los costos inversionistas mediante acciones de la comunidad científica internacional y utilizando tecnologías emergentes.

Palabras Clave – Cooperación, factibilidad, etanol, residuos lignocelulósicos, comunidad científica.

Abstract

This work shows a strategy to prospectively develop a plant for sugar cane industry in the province of Misiones, Argentina, with a preliminary assessment of the technological, environmental and economic constraints. The strategy is based on current trends in the sugar cane industry and, through a collaborative work by three universities in the South, with the support of a Technology Park, investment alternatives are defined. The key issues and actions to be achieved in scale up studies are conceptualized. A procedure to scale up to an industrial level the production technology to obtain ethanol and by-products from lignocellulosic wastes is proposed in order to prepare research results to be transferred to the business sector. A strategy for international collaboration to develop technologies for enzyme collection and recycling is developed, the scaling up steps and stages are defined, and emphasis is put on the need to reduce investor's costs by means of action from the international scientific community and by using emerging technologies.

Keywords – Cooperation, ethanol, feasibility, lignocellulosic waste, scientific community.

1. Introducción

En el nuevo escenario al que tienen que enfrentarse, los países deben ganar su espacio propio en el mercado global con sus mecanismos y regulaciones que le caracterizan, y esto no puede hacerse al margen de nuevas formas de gestión de la ciencia y la tecnología, en las que primen la inteligencia y el equilibrio de las potencialidades y posibilidades del estado y del sector empresarial,

*Carmen A. Salvador, E-mail: pochasalvador@yahoo.com

y en las que se empleen eficientemente las redes internacionales de colaboración e integración surgidas a partir del proceso de globalización económica.

Es necesario, indefectiblemente, reanimar las economías domésticas y promover la adopción de esquemas de producción suficientemente eficientes y competitivos, en los que el sistema empresarial asuma una posición perennemente innovadora en un ambiente caracterizado básicamente por la autonomía operacional y financiera de las empresas, por el fomento de la inversión extranjera y por la introducción de otras formas de propiedad. Pueden considerarse como bases fundamentales para trazar la colaboración internacional las siguientes:

1. Las necesidades del desarrollo del conocimiento.
2. Las necesidades del desarrollo económico, social y local – comunitario del país.
3. La tradición y experiencia en las investigaciones de determinadas áreas del conocimiento.
4. Los recursos disponibles.
5. Las regulaciones, disposiciones y procedimientos de trabajo que deben formar parte de la gestión del conocimiento de la institución en este proceso.

El planeamiento de la actividad científica y de innovación tecnológica se concibe con un enfoque que garantice una adecuada correspondencia entre las características y particularidades del presente y los intereses del desarrollo futuro y deberá estar dirigido al fortalecimiento de la función y responsabilidad social de las universidades en el entorno que las rodea.

Este análisis supone, según [1], tener en consideración las diferentes tendencias, más comunes, en el entorno científico y tecnológico en que se desarrollan las mismas, tales como:

- Aceleración del cambio tecnológico basado en descubrimientos científicos y acompañado de una integración mundial de la producción y de los mercados.
- Presencia creciente del elemento tecnológico en las relaciones económicas y políticas internacionales.
- Relativo desconocimiento de los procesos de innovación y cambio tecnológico, tanto en los países industrializados, como en los países en vías de desarrollo.
- Creciente apertura de las economías de los países, acompañada de un aumento de las exigencias de competitividad en las empresas y universidades y de condiciones favorables a una dinámica empresarial de base técnica.
- Desarrollo científico y tecnológico regional muy heterogéneo, según país e institución, pero en general incipiente y caracterizado por una escasa vinculación con el desarrollo económico y social.

La categoría básica del planeamiento de la actividad científica y de innovación tecnológica es el proyecto científico técnico. Estos últimos pueden ser organismos del Estado, empresas estatales y privadas, organizaciones no gubernamentales y organismos internacionales.

El propósito de este trabajo es exponer la experiencia en la ejecución de un proyecto de colaboración internacional con vistas a superar las limitaciones de una tecnología emergente de producción de etanol a partir de residuos lignocelulósicos.

2. Materiales y métodos

El desarrollo del trabajo descansa en un análisis de los resultados de investigaciones previas realizadas por los grupos de investigaciones participantes, así como de otros colectivos de investigación con apoyo de la vigilancia tecnológica y la formulación de una estrategia investigativa que permita salvar las dificultades que han sido diagnosticadas para la tecnología de producción de etanol en informes previos.

Finalmente se proyecta la solución a los problemas de escalado industrial de la tecnología y la producción y recirculación de enzimas sobre la base de los métodos de análisis de procesos.

3. Desarrollo

3.1. Bioenergía

La bioenergía es la energía que se obtiene a partir de biomasa, la cual es a su vez, la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. La biomasa, es, por tanto, toda planta o materia que hay sobre la superficie: residuos agrícolas, residuos forestales, restos de todas las agroindustrias y cultivos energéticos, entre otros.

Dentro de las bioenergías por su versatilidad como combustible y como materia prima, el etanol ocupa un lugar cimero, por ello se labora en el desarrollo de tecnologías para la producción de etanol de residuos lignocelulósicos, escogiendo como una alternativa viable, por su disponibilidad como materia prima, el uso del bagazo de caña de azúcar como fuente de etanol y coproductos, es precisamente la producción de bioenergía una alternativa para la investigación en este caso.

Actualmente la bioenergía representa un 10 % de la matriz energética mundial con amplia participación de la leña. El incremento de su disponibilidad, contribuiría al suministro de servicios de energía más limpia para satisfacer las necesidades básicas. Esta fuente de energía alternativa está llamada a cumplir un rol de marcada importancia junto a otras fuentes no convencionales en el cambio de una economía basada en los combustibles fósiles, a otra basada en un abanico de fuentes. La agricultura y la silvicultura serán las principales fuentes de biomasa para elaborar bioenergía en diferentes vectores, como la leña, el carbón, briquetas, biogás, bioetanol, biodiesel y bioelectricidad, entre otros.

En la última década los biocombustibles líquidos han adquirido importancia creciente a nivel global con una particular participación en el sector del transporte. La estimación actual de la contribución a nivel mundial es del 2 % del consumo (10 % biodiesel y 90% etanol). En este contexto, la función de la agricultura como fuente de recursos energéticos está adquiriendo un desarrollo creciente impactando sobre los mercados mundiales.

El aprovechamiento de ecosistemas naturales, cultivos y plantaciones energéticas perennes realizadas con criterios de sustentabilidad, propenden a una mayor biodiversidad, en comparación con los cultivos anuales tradicionales.

La introducción de cultivos energéticos anuales en los sistemas agrícolas presenta el peligro de que se afecte el uso de la tierra para la alimentación. No obstante, las tierras desforestadas, degradadas y marginales se pueden restablecer con plantaciones destinadas a la obtención de bioenergía, y ayudar así a combatir la desertificación y tal vez también a reducir las presiones del mercado ejercidas sobre las tierras agrícolas de mayor calidad. Es necesario tener en cuenta, por

lo tanto, cuando se comparan económicamente los biocombustibles con los combustibles fósiles, estas externalidades entre otras.

La bioenergía es la más versátil de las energías renovables, dado que puede servir tanto para la generación de electricidad y calefacción como para la producción de combustible. Se puede quemar de forma directa como leña o carbón, o bagazo para producir calor y electricidad, también convertirse en combustibles líquidos como el etanol y biodiesel, para el reemplazo de las naftas y gasoil, o en combustibles gaseosos, como el biogás o gas de síntesis para mover turbinas y motores. Los cultivos energéticos pueden formar parte de cadenas de producción agrícola y biorefinerías muy especializadas y diversas, en las cuales podría obtenerse una serie de productos biológicos de alto valor comercial. Esto podría tener un papel significativo en el fortalecimiento de economías locales, encontrando mediante una planificación adecuada fórmulas innovadoras para frenar la migración, crear empleo y actividades económicas mediante el uso sustentable de los recursos naturales. Para ello la energía podría servir como factor de crecimiento junto a demás productos generados por las cadenas de producción.

Para contribuir a esta integración se requiere del trabajo sinérgico de las instituciones del sector público y privado dedicadas a los sectores de la agricultura, silvicultura, energía, industria y medio ambiente.

3.2. Principales problemas y oportunidades en el marco de las amenazas, fortalezas y debilidades

La biomasa vegetal es el bio-recurso renovable más abundante en la Tierra. Se considera que desempeña el mismo papel que el petróleo lo hizo en el siglo XX [2].

Los sistemas de bioenergía son más transectoriales que otras fuentes de suministro energético convencionales. La necesidad en materia de tierras, agua, insumos y mano de obra, así como la interrelación con las actuales formas convencionales de suministro alimentario y energético, se traducen en un muy amplio alcance de la bioenergía en el total de las existencias de capital natural y humano. Entender la diversidad de los componentes, el comportamiento del sistema sus productos, repercusiones, y su aprovechamiento es un requisito para garantizar la sostenibilidad.

La promoción de la bioenergía a gran escala no está exenta de riesgos. La experiencia en la agricultura (con los monocultivos comerciales) indica la necesidad de enfoques equilibrados y negociados. Es necesaria una ejecución cuidadosa, la creación de redes desde el nivel local regional y nacional. Los aspectos medioambientales relacionados con la bioenergía merecen diferentes consideraciones. La reducción de emisión de gases de efecto invernadero es variable si se toma en cuenta las diferentes fuentes de materia prima y el cambio directo e indirecto del uso del suelo.

Una desventaja se puede observar en la centralización de monocultivos y la expansión de la frontera agrícola cuando se utiliza el desmonte como herramienta principal. También el estudio de los residuos sólidos y efluentes líquidos, no se encuentra totalmente desarrollado en el ámbito de investigación. Recientes aplicaciones del concepto integral de manejo de insumos y productos como la producción de energía, proteína animal tratamiento y aprovechamiento de los residuos para la generación de energía retroalimentando al sistema, trae aparejados cambios sustanciales en lo referente a impacto ambiental y energía neta producida.

La competencia con los alimentos es otro de los dilemas éticos que se presentan al momento de producir biocombustibles. Se debe tener en cuenta que las actuales tecnologías de aprovechamiento implican una generación muy importante de concentrados proteicos destinables a la alimentación animal e indirectamente humana.

En todas las alternativas de producción de biomasa con fines energéticos se deberán tener en cuenta los criterios sociales, económicos y ambientales. Los mismos han sido incorporados, a nivel mundial, a los criterios, normas y metodologías de certificación actualmente en elaboración y que en un corto tiempo serán puestas en vigencia. Entre los criterios sociales se pueden citar los relacionados con disponibilidad y oferta de mano de obra para el desarrollo de esta nueva actividad, así como todos los aspectos ligados a la seguridad e higiene laboral. Los económicos están definidos por la eficiencia de producción y utilización de insumos, la localización de la producción, así como la intervención gubernamental, que es relevante en esta actividad en todos los países del mundo.

Finalmente, y no por menos importante, deben tenerse en cuenta todos los aspectos ligados a la ecología en cuanto al impacto sobre los sistemas, la diversidad biológica y el cambio climático.

Se considera por lo tanto que el abordaje de la producción de bioenergía debe realizarse tomando en cuenta simultáneamente los criterios económicos, ecológicos y sociales para lograr un desarrollo sustentable y armónico de la actividad.

3.3. La acción de microorganismos en el desarrollo y terminación de tecnologías

Los desechos lignocelulósicos de la biomasa, están formados por tres constituyentes poliméricos, celulosa, lignina y hemicelulosa [3]. La celulosa es encontrada en la naturaleza casi exclusivamente en las paredes celulares de las plantas, aunque puede ser producida por algunos animales como los tunicados y algunas bacterias [4]. Esta representa la mayor fracción de materia orgánica en los ecosistemas terrestres [5]. La celulosa es un polímero lineal de celobiosa (D-glucopiranosil- β -1,4-D-glucopiranososa), frecuentemente cristalina. Por contraste, la lignina es una red tridimensional constituida por siringil, S, guaiacil, G y unidades de p-hidroxifenil acetilado [3]. La hemicelulosa es el material de conexión entre la celulosa y la lignina; está principalmente compuesto por hexosas, como D-glucosa, D-galactosa y D-mannosa, y de pentosas, como D-xylosa y L-arabinosa, conectadas por β -1,4- y algunas veces por β -1,3-, que son uniones glucosídicas.

Algunos microorganismos pueden degradar los residuos lignocelulósicos. Para la hidrólisis y el metabolismo de la celulosa se producen celulasas extracelulares libres o asociadas a la célula. Las endoglucanasas EC 3.2.1.4 actúan en las porciones amorfas de las fibras de celulosa [6]. La actividad celulolítica ha sido encontrada en algunos microorganismos pertenecientes a los Phylum Firmicutes, Actinobacteria, Fibrobacteres, Bacteroidetes, así como Proteobacteria. Las bacterias celulolíticas más abundantes son las aerobias, entre las cuales se puede citar *Cellulomonas* sp, *Microbisporabispóra* sp, *Thermomonospora* sp, *Cytophaga* sp, *Corynebacterium* sp, *Vibrio* sp, *Bacillus* sp, *Pseudomonas* sp y *Thermobífida* sp [7]. De éstas, algunas especies como *Clostridium thermocellum* cumplen con el proceso de hidrólisis de la celulosa de manera eficiente, pues poseen un complejo enzimático que favorece la celulolisis, constituido de endo β 1-4 glucanasa (carboximetilcelulasa (CMcasa), exo β 1-4 glucanasa (celobiohidrolasa) y β – glucosidasa; este

complejo puede ubicarse en una estructura denominada celulosoma [8]. Para la hidrólisis enzimática completa es necesaria la actividad sinérgica de las tres enzimas celulolíticas [9].

Algunas colonias aisladas de *Burkholderia phytofirmans* y *Bacillus* sp. producen celulasas poco comunes, que tienen alta actividad y termoestabilidad a un alto rango de pH [10]. También existen varios degradadores de hongos, los más eficientes pertenecen al género *Trichoderma*; aunque existen otros hongos como aquellos del género *Penicillium*, *Acremonium* y *Chrysosporium* que merecen una atención especial por su producción interesante de enzimas [11].

Para convertir los desechos lignocelulósicos a etanol y otros coproductos, es preciso transformar la estructura polimérica en azúcares sencillos, mediante un pretratamiento de la biomasa lignocelulósica. Además, para asegurar un aprovechamiento integral de los materiales resultantes es necesario utilizar por separado las tres fracciones principales del bagazo (celulosa, hemicelulosa y lignina). En este contexto surge el concepto de fraccionamiento de la biomasa, que como consecuencia deriva en el novedoso campo de la biorefinería; un ejemplo lo constituye no solamente la obtención de etanol a partir de glucosa y celobiosa, sino de ácido cítrico, ácido láctico, isobutanol, etc. También mediante conversión catalítica de la fracción hemicelulósica se obtienen pentosas, hexosas y ácidos urónicos, de las exosas: acético, hidroximetilfurfural; de las pentosas: xilanos, ácido fórmico, furfural, etc. [12]. En las diferentes reacciones químicas que se producen para descomponer los desechos lignocelulósicos, se generan una serie de azúcares y otros componentes, cuya fermentación presenta ciertas dificultades y se pueden necesitar microorganismos modificados genéticamente o mutados, [12]. Al respecto, del análisis de la diversidad genómica de algunos microorganismos empleados para la obtención de celulasas, existe una pobre presencia de genes codificadores de actividad celulolítica; un ejemplo constituye el genoma de *T. reesei*, que ha revelado un repertorio inesperadamente bajo de genes de celulasas y hemicelulasas [13]. Además, la capacidad celulolítica sobre residuos lignocelulósicos de la mayoría de los microorganismos, por ejemplo, de hongos en estado natural, no se expresa en condiciones de laboratorio [14]. Esto, a su vez, repercute en la carencia de biocatalizadores eficientes tolerables a las condiciones de laboratorio e industriales para la producción de enzimas de interés, pues las enzimas muestran una baja actividad y, por lo tanto, son consumidas de forma elevada [15].

Estas características complican la tarea investigativa para algunos científicos y/o productores de bioetanol, debido a que frecuentemente emplean ejemplares clásicos de celulasas de origen microbiano, descritas en numerosos trabajos publicados en la segunda mitad del siglo XX, que no son tan eficientes. Por estas razones, en los últimos años, los investigadores y, sobre todo, las empresas productoras de enzimas han creado organismos recombinantes para la producción heteróloga de celulasas o han mejorado mediante mutaciones los organismos pre-existentes.

También se realizan investigaciones para buscar nuevas enzimas, más eficientes y menos costosas en la microbiota de los animales [16], debido a que algunos seres vivientes son reconocidos por tener en el interior de su cuerpo microorganismos degradadores de un sinnúmero de sustancias con las que estos entran en contacto de acuerdo al nicho ecológico que realizan; esto hace que ellos sean considerados biorreactores naturales, tal es el caso de las termitas, animales rumiantes, cangrejos de río; por ejemplo, las lombrices de tierra son conocidas por ser vectores para la dispersión de microorganismos del suelo que producen enzimas como las amilasas, lipasas, proteasas, etc., y fermentadores para ciertos géneros de microorganismos [4]. Algunas especies de

lombriz pueden participar en la descomposición de lignina y en los procesos de humificación con las peroxidases [17], lo cual resulta interesante por la gran dificultad con la que se descomponen los xilanos. Es importante señalar que el intestino de este animal tiene mecanismos de regulación de temperatura, de humedad, alta concentración de moco que puede facilitar la degradación; además, el estómago es un molino coloidal en el cual el alimento es transformado en pequeñas partículas de 2 mm, lo que da una mejor superficie para el trabajo que hacen los microorganismos. La presencia elevada de enzimas nitrato reductasas, celobiasas, endoglucanasas fosfatasas ácidas en los intestinos ha sido constatada. Modelos animales como éste podrían ayudar a vislumbrar nuevas alternativas de degradación de compuestos a partir de procesos naturales eficientes.

Desde otro enfoque, industrialmente, la conversión enzimática de los residuos lignocelulósicos a productos fraccionados, antes de la hidrólisis, requiere de un pretratamiento alcalino y ácido al sustrato lignocelulósico, que permite el acceso de las enzimas. Posteriormente, para el desarrollo de la hidrólisis de la lignina y la celulosa, factores como velocidad inicial, características estructurales como el área superficial, el grado de acumulación de agua, el orden molecular, la estructura capilar de las fibras de celulosa, el contenido de materiales asociados y la cristalinidad [18] son elementos importantes a tener en cuenta durante las reacciones. Es frecuente que la hidrólisis enzimática ya no vaya separada de la fermentación (HFS), sino que se realice en un solo esquema, que consiste en la sacarificación y fermentación simultáneas (SFS) del residuo [19]. El proceso a emplear está en dependencia de los biocatalizadores y/o enzimas que se emplearán. En estos procesos se forma una mezcla sólido-líquido y las enzimas que se encuentran en la fase líquida pueden recircularse añadiendo sustrato fresco; a las enzimas que se encuentran en la fase sólida se les añade soluciones tamponadas para su recuperación [15]. La recirculación puede optimizar la fermentación y reducir los costes de la producción de la enzima, que es uno de los objetivos de la investigación básica para aplicaciones industriales [20].

La recirculación de las enzimas es una alternativa para contribuir a solucionar este problema, se necesita conocer parámetros específicos como: factores de inhibición del producto, desactivación térmica, mecánica y depleción del componente celulósico específico por adsorción con pérdida de energía cinética, etc. [15]. Estos parámetros podrían ayudar a mejorar la eficiencia de la hidrólisis, que decrece gradualmente en cada paso de reciclado [18].

Finalmente, estos factores mencionados generan un impedimento tecnológico central que es la ausencia de tecnología de bajo costo y para solucionar este inconveniente se puede realizar la aplicación de herramientas biotecnológicas para la obtención de biocatalizadores eficientes, que pueden ser utilizados y recirculados óptimamente en el proceso de hidrólisis enzimática para obtención de productos en el concepto de biorefinería, aminorando los costos de producción.

3.4. Escalamiento y análisis técnico económico

El salto entre un bioreactor a escala de laboratorio y la industria, debe realizarse a partir de la implementación de una planta piloto [21]. A partir de los datos obtenidos en un bioreactor se escaló para producir 2,8 m³ de crudo enzimático en 24 h. Adicionalmente, se calcularon los indicadores dinámicos VAN (Valor Anual Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno) y PRD (Período de Recuperación de la Inversión). Se consideró la producción de 50 000 L de etanol/d. Para el cálculo de

los costos de inversión del equipamiento, se emplearon valores reales de equipos instalados industrialmente con características similares, actualizando los valores a través de los índices de costos anuales para equipos, que constan en la literatura científica técnica. Todos los valores obtenidos han sido igualmente actualizados. Además, estos fueron estimados con ayuda de la Regla del Punto 6 [21], los que fueron ajustados al año 2018, utilizando la idea de pronosticar el índice de costo anual para este año mediante el ajuste de los datos anuales desde 1957 [22]. El valor de la inversión para la obtención del crudo enzimático para la obtención de 500 HL de etanol, presenta un costo directo de 448 796 USD que aunque es un monto considerable, por un lado permite que parte de la inversión se quede en el país por medio del pago de mano de obra y compra de materia prima, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Valores calculados para las inversiones para la producción de coctél enzimático

N	Concepto	Estimado USD	Cantidad USD
I	Costos directos	A+B+C+D	448 796
II	Costos indirectos	A+B+C	80 311
III	Capital fijo invertido	I+II	529 107
IV	Capital de trabajo	10%CTT	58 790
V	Capital total	III+IV	587 896

De la misma manera se calculó el costo total de la inversión considerando el reciclaje de enzimas, obteniendo el valor de 1 230 000 USD.

En el caso de los indicadores económicos dinámicos se considera aumentar la capacidad de producción a 1 000 HL/d y 1 500 HL/, para luego demostrar que el tiempo de recuperación del capital invertido es más rápido, a medida que aumenta la capacidad de producción como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Indicadores económicos dinámicos para la recuperación de la inversión del reciclaje de la mezcla de enzimas comerciales y nativas

Indicador/ Producción	500 HL/d	1000 HL/d	1500 HL/d
VAN	402 859,00USD	1 558 855.96 USD	11 147 785.25 USD
TIR	14%	20%	21%
PRD	8 años	6,1 años	5,9 años

3.5. Los Parques Tecnológicos. Objetivos y funciones

La figura institucional del Parque Tecnológico, donde convergen el estado, el conocimiento y el sector productivo, aparece como una herramienta valiosa para superar los problemas señalados. El actual desafío de los Parques Tecnológicos, en el marco de la nueva Economía del Conocimiento, es adaptar sus estrategias a las necesidades y posibilidades de las regiones en que operan, planteando con firmeza, alianzas estratégicas con otros centros de generación del conocimiento.

La creación de Parques Tecnológicos es uno de los instrumentos que ha permitido concentrar, desarrollar, difundir tecnología e impulsar la cooperación tecnológica, a partir de conocimientos y, por tanto, potenciar los procesos de innovación entre instituciones científicas y las necesidades de los sectores productivos. En estos espacios productivos es donde se crean nuevas estructuras científicas y socioeconómicas apoyadas en el conocimiento, en las ideas y en la cooperación entre los entornos institucional, académico y productivo.

Son también elementos definitorios significativos de los Parques Tecnológicos la importancia que frente a la lógica del mercado se atribuye a las instituciones públicas en el proceso de su gestación. El Estado directamente, y los gobiernos autónomos e instituciones públicas y semipúblicas, han sido decisivos para crear los nuevos medios de innovación. Sin ellos y sin los centros de investigación y las universidades en estrecha conexión con el tejido empresarial, las sinergias requeridas para iniciar el desarrollo son escasas o nulas, y a veces difíciles de conseguir.

El papel que juegan las universidades y los institutos de investigación se considera fundamental, teniendo en cuenta su función social de generar nuevos conocimientos y de difundir el acervo cultural existente y el que se genera atendiendo a las necesidades del entorno donde se enmarca. Los poderes públicos con una oferta y acceso a servicios de formación, información y de capitales, favorecen la implantación de industrias de alta tecnología.

El medio ambiente agradable, las infraestructuras de transporte y comunicaciones, la flexibilidad en materia de recursos humanos y sus cualidades, son solo factores coadyuvantes. Y, las economías de aglomeración junto a las políticas de descentralización, configuran un último bloque de factores externos a empresas para configurar los nuevos espacios productivos.

“A tal fin, un Parque Científico, e stimula y gestiona el flujo de conocimiento y tecnología entre universidades, instituciones de investigación, empresas y mercados; impulsa la creación y el crecimiento de empresas innovadoras mediante mecanismos de incubación y de generación centrifuga (spin-off) y proporciona otro servicio de valor añadido, así como espacio e instalaciones de gran calidad”. La expresión Parque Científico puede sustituirse en esta definición por Parque Tecnológico o Tecnopolis.

Actualmente a partir de la experiencia alcanzada con los parques existentes, hay una nueva tendencia hacia modelos nuevos que permitan una nueva concepción hacia Parques Tecnológicos desde el punto de vista de la cooperación internacional entre diferentes países que pueden concebirse de manera que favorezcan el vínculo entre los sectores de generación de conocimientos y la sociedad en su conjunto de cada una de las partes, atendiendo a las características específicas de su ubicación, de su desarrollo y sin formato rígido, es evidente entonces que habrá que considerar la incidencia de los mismos en el desarrollo de los sectores de generación del conocimiento en cada caso, lo que tendrá especial importancia si queremos lograr el desarrollo de las regiones en su conjunto, aprovechando la cooperación internacional en materia de ciencia y tecnología. A su vez, los objetivos que perseguían originariamente los Parques Tecnológicos también variaron, viéndose reflejado en los cambios de su definición oficial, en la versión moderna se incluye la expresión: “...cuyo objetivo fundamental es incrementar la riqueza de su comunidad, promoviendo la cultura de la innovación y la competitividad de las empresas e instituciones generadoras del saber instaladas en el parque o asociadas a él, lo que está señalado que el desarrollo local es prioritario”.

En esta definición desaparece, como único foco, la localización en un Parque Tecnológico de los departamentos de I+D de las grandes compañías, incorporando a los objetivos del parque la implementación de políticas de innovación específicas hacia las micro y pequeñas empresas (MyPES), políticas de promoción de nuevas empresas (procesos de incubación dentro del parque) y de la capacidad emprendedora y el fortalecimiento de las redes institucionales que deberán ser las encargadas de gerenciar “la transferencia tecnológica y la innovación”.

3.6. Los Parques Tecnológicos en la colaboración sur – sur

Es por todo ello, que desde la experiencia propia se ha propuesto priorizar las relaciones de generación e introducción de conocimientos en una sinergia Sur – Sur, que permita un verdadero desarrollo cooperativo entre los países de la región.

La cooperación científica y tecnológica internacional comparte principios, pero tienen modalidades e instrumentos diferenciados. La adecuada selección de instrumentos y socios es fundamental para garantizar una cooperación de calidad, con beneficio mutuo y con un alto grado de valor añadido.

Los programas y proyectos de cooperación científica y tecnológica deben ser muy claros y precisos en sus objetivos, sofisticados en los instrumentos, selectivos en los socios, flexibles en la ejecución y estrictos en el seguimiento y evaluación.

La cooperación internacional requiere una actitud activa y no meramente receptiva, por lo que el diseño de políticas para la cooperación y la existencia de sólidas capacidades de gestión son los dos ingredientes necesarios para multiplicar los resultados tangibles e intangibles y para asegurar su rentabilidad e impacto, cuestión fundamental que hay que tener prevista para diseñar un modelo de cooperación en las condiciones actuales.

En este contexto, la transferencia de tecnología y de conocimientos para la formación de recursos humanos a partir de la identificación de oportunidades de negocio con enfoque prospectivo, contribuye al desarrollo de una región, de las empresas y consecuentemente logran un mejor vínculo Universidad - Empresa; de esta forma, y a través de una adecuada gestión tecnológica, se puede aplicar una política que responda de forma efectiva a la demanda tecnológica de una región [21].

Un modelo de cooperación internacional, en el ámbito de ciencia y tecnología, debe contemplar las diferentes lógicas de los grupos de actores que operan sobre ella. Los organismos y programas internacionales, los gobiernos, las instituciones y centros de investigación. Cada uno de ellos tiene funciones específicas, que tienen que quedar bien definidas y que también pueden tener intereses diferentes, que condicionan y hacen más compleja la gestión de la cooperación dependiendo de grupos de actores en el que se encuentre.

En concordancia con lo anterior, universidades de los países del sur, en interacción con un parque tecnológico, pueden, a través de un modelo de cooperación tecnológica, buscar alternativas más viables desde este punto de vista [22].

En este sentido se hace necesario, incitar a los sectores del conocimiento tecnológico y la producción a establecer puentes que faciliten el dialogo, enriqueciendo las potencialidades de la colaboración de los países del sur. Acompañar una transformación de esta naturaleza implica

introducir un profundo cambio cultural en las instituciones del conocimiento. Una verdadera revolución en el paradigma del desarrollo implica, entre otros procesos, poner en funcionamiento un modelo de colaboración científica y técnica entre universidades e institutos de investigación de los países del Sur.

Por lo anterior se ha previsto sobre las bases de los resultados alcanzados y las limitaciones previstas de la una estrategia de investigación para el desarrollo de una tecnología de producción de etanol un contrato de colaboración científica con el Parque Tecnológico de Misiones de Argentina y la Universidad Técnica del Norte, que incluye entre otro los siguientes aspectos:

- Estudio prospectivo de las posibilidades de producción de etanol de residuos Lignocelulósicos en Misiones.
- Desarrollo a nivel de laboratorio de la tecnología para obtener etanol de los residuos lignocelulósicos disponibles en Misiones.
- Diseño y construcción de una Planta Piloto en el Parque Tecnológico de Misiones, para el escalado de las tecnologías desarrolladas a nivel de laboratorio, para los residuos lignocelulósicos disponibles en Misiones.
- Desarrollo de una tecnología de obtención de enzimas a partir de las potencialidades de Cuba y Ecuador.
- Escalado industrial de la tecnología y estudio de los métodos de recirculación de enzimas al proceso tecnológico de obtención de etanol
- Incorporación de la tecnología desarrollada a la esfera productiva de Misiones.

4. Conclusiones

1. Es necesario sistematizar la colaboración internacional, en el marco del actual proceso de integración latinoamericana, en aras de estimular, desarrollar y fortalecer la actividad científico - técnica entre los países del sur hasta sus últimas consecuencias, destinando ingentes recursos y esfuerzos de todo tipo.

2. La vía de cooperación tecnológica propuesto, garantiza mediante la transferencia de tecnología y conocimientos entre países del sur, un impacto económico, social, ambiental y político que propician el desarrollo regional equilibrado con vistas a superar la dependencia Norte – Sur que imponen los países desarrollados.

3. A través de la cooperación tecnológica se puede, sin lugar a dudas, iniciar un acercamiento entre las instituciones universitarias, lo que permite avanzar en el intercambio de las potencialidades y conocimiento, favoreciendo la concreción de proyectos comunes y la apuesta a metas mayores encaminadas a promover el bien común.

4. La estrategia de trabajo de organizar la labor científica, de forma que se posibilite la concentración de recursos nacionales y respaldando estas acciones con proyectos internacionales, facilita la aceleración de resultados científicos a ciclo completo y la formación de recursos humanos, por lo que debe perfeccionarse la sinergia entre la política científica y la colaboración internacional para la obtención de resultados a ciclo completo.

5. Es factible mediante la colaboración internacional encontrar apoyo financiero y conocimiento para dar terminación de tecnologías.

5. Referencias

- [1] Mazón, O.: Instrumentos de política científica y tecnológica, CINDA, Santiago de Chile, 1994.
- [2] Sims, R.E.H. et al. (2010) An overview of second generation biofuel technologies. *Bioresour. Technol.* 101, 1570–1580.
- [3] Martínez Ángel T., Mariela Speranza, Francisco J. Ruiz-Dueñas, Patricia Ferreira, Susana Camarero, Francisco Guillén, María J. Martínez, Ana Gutiérrez, José C. del Río. 2005. Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. *Research Review International Microbiology* (2005) 8:195-204.
- [4] Lynd L.R., Paul J. Weimer, Willem H. van Zyl and Isak Pretorius. 2002. Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 2002, 66(3):506.
- [5] Haichar, F.Z. 2007. Identification of cellulolytic bacteria in soil by stable isotope probing. *Environ Microbiol* 9 (3): 625-34.
- [6] Ramírez, p. y Cocha, J. M. 2003. Degradación enzimática de celulosa por actinomicetos termófilos: aislamiento, caracterización y determinación de la actividad celulolítica. *Rev. Peru biol* 10 (1): 67-77.
- [7] Gaitan, d. & Perez, l. 2007. Aislamiento y Evaluación de Microorganismos celulolíticos a partir de residuos vegetales frescos y en compost generados en un cultivo de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*). Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencia. Bogotá, Colombia.
- [8] Mitsuhiro, U.; Goto, T.; Nakazawa, M.; Miyatake, K.; Sakaguchi, M. & Inouye, k. 2010. A novel cold-adapted cellulase complex from *Eisenia foetida*: Characterization of a multienzyme complex with carboxymethylcellulase, β -glucosidase, β -1,3 glucanase, and β -xylosidase. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 157(1): 26-32.
- [9] Ryu DDY y Mandels M. 1980. Cellulases: Biosynthesis and applications. *Enzyme Microb. Technol.* 2: 91-102.
- [10] Sessitsch, A.; Coenye, A.; Sturz, V.; Vandamme, P.; Ait Barka, E.; Salles, J.F.; van Elsas, J.D.; Faure, D.; Reiter, B.; Glick, B.R.; Wang-Pruski y Nowak, J. 2005. *Burkholderia phytofirmans* sp. nov., a novel plant-associated bacterium with plant-beneficial properties *Int J Syst Evol Microbiol* 55: 1187-1192.
- [11] Martins, L.F. et al. (2008) Comparison of *Penicillium echinulatum* and *Trichoderma reesei* cellulases in relation to their activity against various cellulosic substrates. *Bioresour. Technol.* 99, 1417–1424.
- [12] Mesa Layanis. 2010. Estrategia investigativa para la tecnología de obtención de etanol y coproductos del bagazo de caña de azúcar. Tesis en obtención al título de Doctor en Ciencias Técnicas. Especialidad, Ingeniería Química.
- [13] Foreman, P.K. et al. 2003. Transcriptional regulation of biomass-degrading enzymes in the filamentous fungus *Trichoderma reesei*. *J. Biol. Chem.* 278, 31988–31997.
- [14] Herrera García Mónica. 2011. Capacidad celulolítica de hongos existentes en la naturaleza para degradar residuos lignocelulósicos. Tesis de diploma. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- [15] Barriga Daylin. 2011. Posibilidades de recirculación de enzimas celulolíticas en la hidrólisis del bagazo de caña de azúcar. Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- [16] Salvador, C.A., Destain, J., Rojas, M. & Paz-y-Miño, C. 2011. Producción de actividades enzimáticas por bacterias del intestino de *Eisenia foetida* (Annelida: Clitellata: Haplotaxida). *Revista Ciencia* 14 (2): 193-199.
- [17] Brown George G., Isabelle Barois, Patrick Lavelle. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.* 36 (2000) 177-198. 2000. Editions scientifiques et médicales. Elsevier SAS.
- [18] Ramos, L. P., Breuil, C., Kushner, D. J. y Saddler, J. N. 1992. Steam pretreatment conditions for effective enzymatic hydrolysis and recovery yields of *Eucalyptus viminalis* wood chips. *Holzforchung*, 46.
- [19] Ballesteros M, Oliva JM, Negro MJ, Manzanares P, Ballesteros I. 2004. Ethanol from lignocellulosic materials by a simultaneous saccharification and fermentation process (SSF) with *Kluyveromyces marxianus* CECT 10875. *Process Biochem* 39, 1843-1848.
- [20] Thi Hoa Pham, Dinh Thi Quyen, Ngoc Minh Nghiem. 2010. Optimization of Endoglucanase Production by

- Aspergillus niger VTCC-F021. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4(9): 4151-4157
- [21] Galián, C.E. Vías para la asimilación de tecnologías resultado del conocimiento de la industria química a través de los Parques tecnológicos en la colaboración Sur-Sur. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, 2006.
- [22] González Suarez, E. (2005) Asimilación (adopción) y reconversión de tecnología para la producción de biocombustibles. Red CYTED 306RT0279.
- [23] Miranda, M.; Leung, K. & Qin w. 2009. The prospects of cellulase-producing bacteria for the bioconversion of lignocellulosic biomass . Int J Biol Sci 5:500- 516.