



SIMBIOSIS  
Sistema de Información Especializado en Biotecnología y  
Tecnología de Alimentos, Nodo Colombia. OEA

# EXPERIENCIAS EN BIOTECNOLOGÍA

Empresas y centros de vinculación  
universidad-empresa en América Latina  
y el Caribe

Editores  
Rafael H. Aramendis  
Osiris C. Ocando



OEA



COLCIENCIAS

**EXPERIENCIAS EN BIOTECNOLOGIA**  
Empresas y centros  
de vinculación universidad-empresa  
en América Latina y el Caribe

**RAFAEL H. ARAMENDIS**  
**OSIRIS C. OCANDO**

**SIMBIOSIS**

Centro de Investigación Especializado en Biotecnología  
y Tecnología de Alimentos, Nudo Colombia, OEA  
<http://www.colombia.gov.co/simbiosis/>



**EXPERIENCIAS EN BIOTECNOLOGÍA**  
**Empresas y centros**  
**de vinculación universidad-empresa**  
**en América Latina y el Caribe**

**RAFAEL H. ARAMENDIS**  
**OSIRIS C. OCANDO**

**SIMBIOSIS**

Sistema de Información Especializado en Biotecnología  
y Tecnología de Alimentos, Nodo Colombia. OEA  
<http://www.colciencias.gov.co/simbiosis/>

ISBN 958-9037-93-3

Copyright 2000

Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología  
Francisco José de Caldas, Colciencias.

Los conceptos y las opiniones compilados en este texto son responsabilidad de sus  
autores y no comprometen a la Institución.

Derechos reservados 2000

Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología  
Francisco José de Caldas, Colciencias.

Esta publicación ha sido preparada y editada  
por el Programa Nacional de Biotecnología de Colciencias,  
Colombia

Diseño de cubierta, diagramación electrónica, impresión y encuadernación:  
Tercer Mundo Editores S.A.

## CONTENIDO

Agradecimientos	vii
Presentación	ix
Introducción	xi
Organización de Estados Americanos desarrollo de la ciencia y la tecnología en América	xiii
<b>PANEL 1</b>	
<b>Sector salud humana</b>	1
Transferencia de tecnologías, financiación y comercialización en biotecnología	3
Investigación y desarrollo en biotecnología y transferencia de tecnología en el área de salud humana. El caso de Biominas en Minas Gerais, Brasil.	8
Bioteconología en Chile: ¿Mito o realidad?	19
Desarrollo de la biología molecular comercial en Colombia	25
Histolab Ltda., una empresa de base biotecnológica	29
Comentarios	34
<b>PANEL 2</b>	
<b>Sector alimentos</b>	37
Bioteconología de alimentos y transferencia tecnológica en University of the West Indies (St Augustine, Trinidad)	39
Centro de investigación y desarrollo de Levapan S.A. Recuento histórico y conceptual	42
Comentarios	44
<b>PANEL 3</b>	
<b>Sector medio ambiente e industria</b>	47
Transferencia de tecnología en el mercado ambiental: un caso de vinculación de la UNAM	49
Biomarcadores moleculares para evaluar el riesgo por exposición a contaminantes ambientales	61
Investigación y desarrollo, Sucromiles S.A.	79
Caracterización e identificación de la carga microbiana presente en los tanques de acidificación, equalización	

y reactores metanogénicos de una planta de tratamiento de aguas residuales en una cervecería de Santafé de Bogotá D.C.	82
Comentarios	85
<b>PANEL 4</b>	
<b>Sector agrícola</b>	87
C.A. Central La Pastora, trabajo en biofertilizantes	89
Frutales en el Perú, Carlos Fukuda	93
Biotecnología en la floricultura, compañía C.I. FlorAmérica S.A.	96
Centro de calidad y productividad de la región centrooccidental, Cepco	98
Comentarios	102
<b>COMENTARIOS FINALES</b>	104
<b>FICHA TÉCNICA DE LAS INSTITUCIONES PARTICIPANTES</b>	107
<b>ANEXOS</b>	131
Programa: Taller de intercambio de experiencias en biotecnología y transferencia tecnológica en empresa de América Latina y el Caribe	133

## AGRADECIMIENTOS

El Programa Nacional de Biotecnología del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, Colciencias, y el Nodo Colombia del Sistema especializado en biotecnología y tecnología de alimentos, Simbiosis, expresan sus agradecimientos a las siguientes personas y entidades:

A la Oficina de ciencia y tecnología de la Organización de Estados Americanos, OEA, a su director, doctor Sitoo Mukerji por el constante apoyo y colaboración que han ofrecido al Programa Nacional de Biotecnología de Colciencias, Colombia, para el desarrollo de sus actividades nacionales e internacionales.

Al doctor Héctor Herrera, especialista de la oficina de ciencia y tecnología de la Organización de Estados Americanos, OEA, por su invalorable apoyo, amistad y cooperación, que han contribuido a forjar las bases fundamentales para el desarrollo de la biotecnología en América Latina y el Caribe.

A la Organización de Estados Iberoamericanos, OEI, por la colaboración y apoyo en las actividades que realizó el Programa Nacional de Biotecnología de Colciencias durante el año de 1999.

A cada uno de los participantes en el Taller "Intercambio de experiencias en biotecnología y transferencia de tecnología en empresas de América Latina y el Caribe", Santafé de Bogotá, diciembre 16 y 17 de 1999, por sus apreciables aportes.

A la señora Mariana Delgado por su invaluable aporte y apoyo en la organización del taller que dio origen a esta publicación.





## PRESENTACIÓN

El libro que hoy se pone a su disposición hace parte de un esfuerzo que desde mediados de la década de los 90 viene realizando de manera conjunta y sistemática el Programa Nacional de Biotecnología del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología –Francisco José de Caldas-Colciencias– con el apoyo particular y decidido de varias agencias internacionales, dentro de las que se destaca especialmente la Organización de Estados Americanos, OEA a través de su oficina de ciencia y tecnología.

Los títulos disponibles incluyen cuatro áreas centrales: La Investigación y los Grupos de Investigación en Biotecnología en Colombia; Biotecnología y Tecnología de Alimentos; Legislación y Gestión en Biotecnología y Planeación Estratégica en Biotecnología. Esta edición forma parte del grupo de publicaciones en Legislación y Gestión de la Biotecnología.

Los títulos incluyen:

### **La Investigación y los Grupos de Investigación en Biotecnología en Colombia**

- Directorio de Biotecnología, Colombia, 1995.
- Biotecnología, Cinco años de Investigación en Colombia, 1995.
- Biotecnología en Colombia. Grupos de Investigación, 1998.
- Biotechnology in Colombia. Research Groups, 1998.
- Programa Nacional de Biotecnología. Proyectos Cofinanciados 1991-1997, 1999.

- National Biotechnology Program. Projects Supported 1991-1997, 1999.

### **Tecnología de Alimentos**

- Procesamiento y Conservación de Alimentos en América Latina y el Caribe, Vol. I. 1996.
- Procesamiento y Conservación de Alimentos en América Latina y el Caribe, Vol. II. 1997.

### **Legislación y Gestión en Biotecnología**

- Biotecnología, Legislación y Gestión para América Latina y el Caribe. 1994.
- Bioseguridad. Un nuevo escenario de confrontación internacional entre las consideraciones comerciales, medio ambientales y socioeconómicas, 1999.
- Experiencias en Biotecnología, Empresas y Centros de Vinculación Universidad-Empresa en América Latina y el Caribe. 2000 (obra que se presenta).

### **Planeación Estratégica en Biotecnología**

- Tecnologías de la Vida para el Desarrollo, 1993.
- Plan Estratégico. Programa Nacional de Biotecnología, Colciencias. 1999.

Esta edición se encontrará disponible, a partir de mayo del 2000, en la página electrónica del Nodo Colombia del Sistema de Información Especializado en Biotecnología y Tecnología de Alimentos, Simbiosis, de la Organización de Estados Americanos (OEA) en la siguiente dirección:

<http://www.colciencias.gov.co/simbiosis/>

## INTRODUCCIÓN

La aplicación de la biotecnología en los campos de salud humana, agricultura, ambiente, industria y alimentos, representa en la actualidad la clave del éxito para que muchos de los países en vías de desarrollo puedan contar con nuevos y más eficientes productos (nuevos medicamentos, alimentos más abundantes, con mejor contenido nutricional etc.), y/o servicios que mejoren su calidad de vida, y propicien el desarrollo sostenible del medio ambiente natural.

La aplicación exitosa y efectiva de todas las tecnologías de base biológica debe necesariamente contar con: recursos humanos altamente capacitados; equipos interdisciplinarios con alta capacidad gerencial y tecnológica; conocimiento profundo de todos los aspectos legales involucrados en la investigación, desarrollo y transferencia de dichas tecnologías; excelente nivel de interacción entre los generadores del conocimiento, normalmente localizados en universidades y centros de investigación, y los usuarios de ese conocimiento, las empresas; además de un extenso análisis sobre los mercados; sobre necesidades; sobre competencia y sobre los gustos y preferencias de los usuarios finales de las biotecnologías.

Este conocimiento se logra interactuando de manera interdisciplinaria con aquellos grupos que, en la región, han alcanzado niveles de éxito por la aplicación de varios de los factores anteriormente mencionados. Con este pensamiento en mente la Oficina de Ciencia y Tecnología de la Organización de Estados Americanos, OEA, apoyó al Programa Nacional de Biotecnología del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología –Francisco José de Caldas-Colciencias– y en especial a la coordinación del Nodo Colombia del Sistema especializado de información en biotecnología y tecnología de alimentos, Simbiosis, para realizar un intercambio de experiencias entre empresas, universidades, cen-

tros de investigación y unidades de vinculación y enlace que venían trabajando en Argentina, Brasil, Chile, Perú, Venezuela, Trinidad y Tobago, México y Colombia para desarrollar la biotecnología en sus diferentes campos de aplicación.

El evento fue estructurado en cuatro bloques temáticos, y a cada participante se le solicitó preparar su ponencia haciendo énfasis en los aspectos de investigación y desarrollo, transferencia de tecnología, mercadeo, políticas de propiedad intelectual y mecanismos de vinculación universidad-empresa, al final de las exposiciones se buscó recoger, mediante la realización de un panel con los expertos participantes, las limitantes, las oportunidades y la visión prospectiva más representativa de cada sector.

Los sectores analizados fueron: Salud Humana, Agrícola, Alimentos y Ambiente e Industria; dentro de ellos se buscó contrastar las experiencias de las universidades, centros de investigación y/o empresas con las de los centros de vinculación y enlace tecnológico. Así, en Salud Humana participó la Fundación Biominas del Brasil, como centro de vinculación; se expusieron los casos de dos empresas colombianas (CorpoGen e Histolab) que se encuentran dentro de una incubadora de empresas de base tecnológica y una empresa argentina BioSidus y una chilena Biosonda. En el caso agrícola se presentó a Cepco, como un centro de apoyo a los procesos de gestión de calidad para el sector, junto con las experiencias de Centro Azucarero la Pastora de Venezuela, Carlos Fukuda de Perú y Floramérica de Colombia; en el caso ambiental se analizó la experiencia del centro de vinculación de la UNAM de México, Bavaria y Sucromiles en Colombia y la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile; y en el caso del sector de alimentos e industria se estudiaron las experiencias de la Universidad de West Indies en Trinidad y Tobago, así como la experiencia de vinculación de Levapan con un centro de gestión y enlace, proveniente de la Universidad del Valle, en Colombia.

**ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS.  
DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA  
EN AMÉRICA**

Dr. HÉCTOR HERRERA\*

\* Organización de Estados Americanos, OEA.  
Departamento de Asuntos Científicos y Tecnológicos.  
Washington D.C., Estados Unidos  
Teléfonos: 202-4583384 Fax: 202-4583167  
Email: [herrera\\_hector@oas.org](mailto:herrera_hector@oas.org)

La Organización de Estados Americanos(OEA) es el organismo regional más antiguo del mundo, cuyo origen se remonta a la Primera conferencia internacional americana, celebrada en Washington, D.C., entre octubre de 1889 y abril de 1890.

Desde entonces la Organización se ha venido modernizando para adaptarse al nuevo orden económico internacional y a las necesidades sociales, tecnológicas y científicas de sus Estados miembros. Las áreas técnicas de trabajo de la OEA cubren hoy, entre otros, sectores como: la Promoción de la Democracia, el Desarrollo Social y Educativo, el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente, la Ciencia y la Tecnología, las Telecomunicaciones, la Cultura, el Turismo, el Comercio, los Programas para el Control de Abuso de las Drogas y los Programas de Formación Profesional.

La misión de la oficina de ciencia y tecnología de la OEA es desarrollar, promover y dar soporte a las actividades que contribuyan en el desarrollo y avance científico y tecnológico de los países miembros, con lo cual pretende entregar bases para que los países de la región que se encuentren en procesos de globalización puedan enfrentar la situación de disyuntiva que se les presenta. Con este objetivo en mente, la oficina de ciencia y tecnología trabaja en tres áreas: Tecno-

logías de la Información y Telecomunicaciones, Sector Productivo y Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación. La primera de estas áreas maneja la capacitación de recursos humanos y diferentes redes especializadas; el área del sector productivo desarrolla tres programas fundamentales; el de metrología, estandarización, acreditación y calidad; el de tecnologías limpias y el de apoyo a pequeñas y medianas empresas. Dentro del área de políticas se trabaja a través de los proyectos de Mercado Común del Conocimiento (Mercocyt); Indicadores de Ciencia y Tecnología y la Red de Información Científica y Tecnológica.

La Organización de Estados Americanos, a través de su oficina de ciencia y tecnología, cuenta con sistemas de información que permiten recoger y diseminar la información sobre biotecnología y tecnología de alimentos en las empresas y centros de investigación en América Latina y el Caribe. El propósito de este sistema de información denominado Simbiosis es el de conectar a las personas y centros de investigación, establecer acceso y agregarle un valor a la información sobre biotecnología y tecnología de alimentos. La historia de Simbiosis se inicia en 1990 y se concreta en 1993 en Chile.

A través del desarrollo del Taller de "Intercambio de experiencias en biotecnología y transferencia tecnológica en empresas de América Latina y el Caribe", la Organización pretende dar a conocer cuáles han sido las fortalezas y debilidades de las empresas de base biotecnológica en la región para así potenciar su crecimiento y desarrollo.

**PANEL 1**

**Sector salud humana**





## TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS, FINANCIACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA

CARLOS ALBERTO MELO\*

\* BioSidus, Constitución 4234 Capital Federal, Buenos Aires, Argentina  
Teléfonos: 54-11-4909 8000 Email: [c.melo@biosidus.com.ar](mailto:c.melo@biosidus.com.ar)

BioSidus es una empresa privada, de propiedad familiar, que produce y comercializa proteínas recombinantes para el mercado farmacéutico. Perteneció al Grupo Sidus, empresa farmacéutica tradicional con más de 60 años en el mercado argentino y que ocupa la 4a. posición en el *ranking* de ventas en este país.

BioSidus empezó su actividad de Investigación & Desarrollo en los 80 y llegó con su primer producto al mercado en 1990.

Actualmente comercializa:

- Eritropoyetina humana recombinante (hormona responsable de la generación de glóbulos rojos) producida en células de hámsters en cultivo, factor estimulador de colonias de granulocitos, filgrastim, que induce la formación de granulocitos y se produce como cuerpos de inclusión en bacterias.
- Inteferon alfa-2, antiviral, inmunomodulador y antiproliferativo, que se produce como proteína soluble citoplasmática en bacterias.
- Hormona de crecimiento humano, que se produce como proteína de secreción periplasmática en bacterias.

Todos estos productos fueron desarrollados *in house*, sin compra de tecnologías o licencias, lo que les da un cierto liderazgo en la materia en Latinoamérica.

En la actualidad se adelantan también trabajos que incluyen desde plantas y animales transgénicos hasta terapias génicas de revascularización cardíaca y periférica.

Desde el punto de vista de la financiación, estos desarrollos fueron realizados con inversión de capital genuino de la empresa. En Argentina no existe un mercado de capitales de riesgo, que es la base de la financiación de los desarrollos en países del Primer Mundo, ni sistemas públicos de apoyo de real importancia. Los subsidios y créditos existentes son también muy poco significativos contra el costo de un desarrollo de este tipo. El Estado juega un papel muy embrionario y sólo en los últimos años está tratando de trabajar en favor del desarrollo, aunque con recursos sumamente modestos. Por ejemplo, anualmente se otorgan, desde hace dos años, 20 millones de dólares de descuento de impuestos a las ganancias de las empresas que hacen desarrollo. Éste es el monto total a repartir entre las compañías que licitan por el descuento, lo que deja valores mucho menores a las compañías. Aunque éste es un buen comienzo, es muy pobre si lo comparamos con los alrededor de 1.000 millones que invierte al año una sola empresa de biotecnología aplicada a la medicina, como es Amgen de los Estados Unidos.

Respecto a la transferencia tecnológica, se debe decir que en BioSidus ésta no ha existido como tal, debido a que la empresa desarrolló todo por sí misma.

Los países latinoamericanos poseen buena ciencia, pero carecen casi en absoluto de tecnología; esto esencialmente debido a diferentes motivos:

- a. La tecnología es más costosa,
- b. No genera prestigio ni *currículum* para los científicos. En nuestros ámbitos éstos están interesados en mantener una carrera que se sostiene sobre publicaciones y no sobre patentes o derechos de comercialización,

- c. Existe una tradición de aprovechamiento mutuo entre empresarios y científicos en la que cada uno intentó históricamente obtener el máximo provecho con el mínimo costo del otro y, en realidad ambas partes sólo pueden obtener provecho si éste es mutuo.

No hay producto de avanzada sin ciencia que lo apoye, ni ciencia que pueda hacerse sin los recursos económicos que los impuestos o las ganancias que la venta de productos genera. Es necesario generar el triángulo virtuoso ciencia-tecnología-mercado, tal como funciona en los países del Primer Mundo.

- d. Los recursos económicos dirigidos a ciencia y tecnología son muy limitados; además; los utilizamos con muy poca eficiencia; tal vez, cuatro grupos diferentes trabajan en el mismo tema y no hay ninguno trabajando en otro tema quizá, más importante.

Mis sugerencias al respecto serían:

1. Dar valor curricular a la carrera científica sobre patentes o desarrollos de aplicación comercial.
2. Generar en científicos y empresarios una cultura de aprovechamiento mutuo en el buen sentido, que el empresario sepa que deberá asignar parte de sus ganancias al científico y que éste sepa que un desarrollo lleva tiempo antes de ser producto rentable, y que sólo entonces podrá obtener ganancias importantes.
3. Asignar los recursos del Estado a menos proyectos mejor elegidos. Esto implica contar con un control central de desarrollos que evite la superposición de temas como modo de optimizar la asignación de recursos escasos, y que éste se evalúe por calidad del trabajo, asignando parte de los recursos a ciencia y parte a tecnología, ya que tanto ciencia como tecnología son necesarias, sin suprimir una a favor de la otra, sino repartir para las dos.

4. Pensamos que las publicaciones son imprescindibles, excelentes, pero no sirven para curar enfermos; se debe llegar también a productos.
5. Generar sistemas de información que hagan llegar a los empresarios las capacidades científico-tecnológicas de los sectores académicos y a éstos las necesidades de las empresas. No basta internet, estamos bombardeados de información y saturados de trabajo y no tenemos tiempo de buscar allí. Por otra parte, la idea no es que el empresario busque lo que está ofrecido sino a disposición recíproca. El sector académico debe llegar al empresario. Coca-Cola no se queda sentada esperando que los consumidores corramos a comprarle, nos empuja todo el tiempo a hacerlo por cualquier método válido; del mismo modo, debe verse este tema. El sector académico necesita vender su producto, ciencia y tecnología, a consumidores (empresarios) que la mayor parte de las veces ni siquiera conocen que esta oferta existe; deben manejarse criterios de mercado, ¿tal vez creando unidades de negocios en los laboratorios?
6. La noción de *calidad* no es siquiera conocida, ya no comprendida, por la academia y es clave para que un producto se pueda vender.
7. En nuestros países se ignora en absoluto todo lo referido a aspectos legales, como patentes, y éste será un problema crítico en el corto-mediano plazo. Si se utiliza correctamente es muy útil a quienes investigan. Si se deforma, tal como ocurre en el mundo actualmente, sólo será beneficioso para aquellos que más dinero tienen para abogados. Debemos estar alertas y saber cómo actuar. ¿Formar abogados-biólogos?
8. Todo desarrollo y sistema de financiación debe tener en cuenta que los productos tardan muchas veces diez años en desarrollarse, no hay instrumentos a este plazo y mu-

chos proyectos no viables por no contar con la financiación adecuada.

9. El derecho sobre desarrollos y patentes obtenidos en el sector académico y que se transfieran a industrias debe quedar en absoluto control de éstas. Puede hacerse por cualquier fórmula económica deseable, pago único, regalías, etcétera. Lo que no puede hacerse es obstaculizar la libertad de la empresa para manejar el producto. En mi país es muy complicado conseguir esto y hace que muchas veces ni siquiera consideremos iniciar proyectos conjuntos.
10. Creemos que el dinero disponible de algunos organismos públicos se utiliza no precisamente para el mejor proyecto, e ignoramos los mecanismos; sin embargo, esto debe cambiar.

Respecto al tema de la comercialización, debemos destacar que tenemos la ventaja de conocer a nuestros consumidores y de adaptarnos a sus necesidades, lo que nos hace competitivos incluso frente a las mayores corporaciones mundiales, si trabajamos con sentido de mercado y calidad. Como ejemplo, BioSidus vende sus productos a cinco grandes empresas farmacéuticas multinacionales para que los comercialicen en diferentes países: Baxter de Estados Unidos, Serono de Suiza, Schwarz Pharma, Asta Médica y Schering AG, estas tres últimas alemanas. Al mismo tiempo mantenemos un buen nivel de publicaciones científicas y obtenemos asiduamente premios a la innovación tecnológica, las exportaciones no tradicionales, etc.

El éxito es posible, pero sólo bajo condiciones de eficiencia en el uso de los recursos económicos, de *know-how* y, sobre todo, con conciencia de que el mercadeo también es necesario.

# INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN BIOTECNOLOGÍA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL ÁREA DE SALUD HUMANA. EL CASO DE BIOMINAS EN MINAS GERAIS, BRASIL.

Dra. VALÉRIA JUDICE \*

\* Gerente, Coordinación Técnica del Programa de Transferencia Tecnológica.  
Biominas. Av. José Cândido da Silveira, 2100.  
Horto 31170-000 Bello Horizonte/MG.  
Email: [judice@biominas.org.br](mailto:judice@biominas.org.br)

## INTRODUCCIÓN

Este documento expone un modelo de desarrollo particular de la industria biotecnológica, ilustrado por el caso del estado de Minas Gerais en Brasil. Se exploran algunos de los elementos que favorecieron la constitución de un polo o cluster empresarial biotecnológico en dicho estado.

Diversos factores han contribuido al particular desarrollo regional en Minas Gerais. Entre ellos, puede considerarse clave la fundación de la primera empresa biotecnológica del Brasil, denominada Biobras. El éxito empresarial y el papel de liderazgo de Biobras fueron fundamentales para incentivar la creación de otras empresas semejantes, así como para conformar una masa crítica a nivel regional. También fue precisamente en Minas Gerais en donde, por iniciativa de Biobras y otras ocho empresas, se estableció una institución de enlace como la Fundación Biominas.

Desde su creación, la Fundación Biominas ha actuado como un elemento que reúne capacidades competitivas y proporciona apoyo esencial al sector empresarial biotecnológico en Minas Gerais. Como un factor de gran importancia, Biominas ha promovido y articulado un modelo de desarrollo emprendedor.

En combinación con el Banco Interamericano de Desarrollo y el Fondo de Inversión Multilateral, Biominas ha lanzado recientemente un Programa de Transferencia de Tecnología en Minas Gerais. Estas iniciativas serán expuestas en las siguientes secciones.

### LA BIOTECNOLOGÍA EN MINAS GERAIS

El estado de Minas Gerais (MG) está localizado en la región centro-sur del Brasil. Su área total es de 588.384 km<sup>2</sup> (7% de todo el país) con una población de 16,7 millones de personas (aprox. el 10% de la población brasileña total) (IBGE, 1996).

El producto interno bruto de Minas Gerais es alrededor del 10% del PIB nacional (del orden de US \$550 mil millones en 1999). Previo a la devaluación de la moneda, el PIB de Minas Gerais fue *grosso modo* equivalente al PIB total de Chile. El valor de las exportaciones totales de Minas Gerais en 1997 fue de US \$ 6.500 millones (aprox. 13% del total de exportaciones del Brasil), situándose en segundo lugar nacional detrás del estado de São Paulo con alrededor de US \$10.000 millones.

A pesar de sus características industriales, Minas Gerais es el estado brasileño con mayor producción de café (50% de la producción nacional, equivalente al 15% mundial). Hay una riqueza natural considerable en piedras preciosas, gemas y varios minerales. La minería y la industria metalmeccánica (automotriz principalmente) tienen un peso muy importante en la actividad económica del Estado.

Entre las condiciones<sup>1</sup> que propiciaron el desarrollo de la biotecnología en el estado de Minas Gerais puede ubicarse el

1 Las condiciones particulares que han favorecido el desarrollo de la biotecnología en Minas Gerais han sido exploradas con mayor detalle en otro trabajo (Judice & Mascarenhas, 1999).



grado de conocimiento de expertos de las universidades y centros de investigación locales, así como la larga tradición de excelentes escuelas de medicina, aunado a importantes capacidades en las áreas de química y bioquímica. De manera muy especial, Minas Gerais vio nacer a la primera empresa biotecnológica nacional, Biobras, que representa un ejemplo exitoso de un esfuerzo emprendedor dentro de una industria con base tecnológica fundamental. Actualmente, Biobras es una de las pocas compañías en el ámbito mundial que produce insulina humana recombinante, así como muchos otros productos médicos y farmacéuticos.

#### **BIOBRAS: LA PRIMERA EMPRESA BIOTECNOLÓGICA DEL BRASIL**

Biobras como primera experiencia empresarial brasileña en el campo de la biotecnología es el resultado de un típico "desprendimiento" universitario (*spin-off*) surgido del Departamento de Química de la Universidad Federal de Minas Gerais.

En 1976, Biobras comenzó con la producción de enzimas y para 1979, mediante una asociación *joint venture* con la multinacional El Lilly, tenía ya en producción cristales de insulina. Durante la década de 1980, Biobras evolucionó hacia la producción de insulina animal y humana, medios de cultivo, productos para diagnóstico, así como productos para el corazón. En 1997, Biobras obtuvo la certificación ISO 9.001 y en 1998 inauguró una planta para la producción de insulina humana recombinante. A la fecha, Biobras emplea a 500 personas y tiene un margen bruto de ganancias de US \$30 millones. La compañía cuenta con cinco plantas industriales destinadas a:

1. Extracción cristales de insulina.
2. Formulación de fármacos.
3. Fermentación y purificación de proteínas recombinantes.

4. Fabricación de productos para diagnóstico.
5. Enzimas industriales.

La línea de productos de Biobras abarca un amplio rango, entre ellos la insulina, medicamentos para diabetes de administración oral, sensores de glucosa en sangre, cintas para pruebas endocrinológicas, medicamentos contra la hipertensión (cardiológicos), medios de cultivo, reactivos para biología molecular e identificación genética, productos para el diagnóstico de infecciones gastrointestinales, reactivos ELISA, productos bioquímicos clínicos, pruebas de diagnóstico inmunológico, cintas para pruebas urinarias (diagnóstico), cristales de insulina y enzimas.

*Bihulin* es el nombre comercial de la insulina humana de Biobrás, líder en el mercado brasileño resultado de un desarrollo científico-tecnológico pionero. Biobras puso en marcha recientemente su planta para la producción de insulina humana recombinante.

#### **EVOLUCIÓN DE LAS EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS EN MINAS GERAIS**

En 1990, siete empresas biotecnológicas operaban en Minas Gerais. Para 1999, la cifra se incrementó en algo más de siete veces, totalizando 53, lo cual incluye a grandes compañías biotecnológicas como Novartis Seeds, en Uberlandia, MG (Biominas, 1999). A continuación la Tabla 1 muestra la distribución de estas empresas en 1999, de acuerdo con las áreas de aplicación.

Como se aprecia, el 64% de las empresas se concentra en el área de salud humana, seguido por un 15% en agricultura. La Tabla 2, por su parte, presenta la distribución por subáreas de especialidad de las empresas orientadas a la salud. Predomina la subárea de diagnóstico seguida por farmacéuticos y bionedicina.

Tabla 1.

**Empresas biotecnológicas en el estado de Minas Gerais, Brasil.  
Áreas principales - 1999**

Áreas	Porcentaje de empresas
Salud humana	64
Agricultura	15
Salud animal	6
Ambiente	6
Otras	9

Fuente: Biominas, 1999

Tabla 2.

**Empresas del área de salud en el estado de Minas Gerais,  
por subáreas - 1999**

Subáreas	Porcentaje de empresas
Diagnóstico	41
Farmacéuticos	21
Biomedicina	18
Biología molecular	14
Bioinformática, software	6

Fuente: Biominas, 1999

Se debe recalcar que el número total de empresas biotecnológicas activas en el Brasil es muy impreciso. En 1995, Craveiro<sup>2</sup> junto con la Asociación Brasileña de Empresas Biotecnológicas (ABRABI) entrevistaron y obtuvieron información detallada de 76 empresas activas en el sector biotecnológico. Así quedó establecido el primer (y único) "Directorio de em-

2. Américo Craveiro es empleado de *Vallée*, una empresa veterinaria con base en Uberlandia, Minas Gerais. Para mayor información sobre el Directorio de Empresas Biotecnológicas en Brasil, es posible remitirse a la Base de datos "Tropical Database BDT," de la Fundación André Tosello, en la siguiente dirección: <http://www.bdt.org.br>

presas biotecnológicas del Brasil". No se ha vuelto a hacer un intento sistemático de actualización de este directorio. La ABRABI estima alrededor de 200 empresas biotecnológicas en el Brasil, mas ésta parece ser una cifra excesiva.

### LA FUNDACIÓN BIOMINAS

Biominas es una institución sin fines de lucro, creada en 1990 a través de la iniciativa de nueve empresas biotecnológicas en Minas Gerais. Sus primeras acciones y metas incluyeron el apoyo al sector biotecnológico y la conformación de una masa crítica. Con una orientación empresarial, Biominas comenzó a aglutinar capacidades competitivas, forjando enlaces con universidades, fomentando *spin-offs* universitarios, apoyando el arranque de pequeñas empresas y promoviendo asociaciones y colaboración entre los sectores público y privado.

Hoy día, Biominas tiene 30 empresas afiliadas (19 incubadas y 11 empresas asociadas). En su conjunto, estas empresas dan empleo a 1.800 personas y generan ganancias anuales de más de US \$67 millones.

Con la misión definida de apoyar la biotecnología, contribuir al desarrollo económico y social del estado de Minas Gerais en particular y del Brasil en general, Biominas opera como una institución-red para enlace mediante asociaciones y acuerdos de colaboración.

Sus principales actividades están distribuidas en siete unidades de negocios:

1. Incubación de empresas de base tecnológica.
2. Promoción y participación en nuevos negocios.
3. Servicios.
4. Capacitación en administración tecnológica.

5. Parque tecnológico.

6. Pruebas clínicas.

7. Certificación.

La siguiente sección detallará actividades de la segunda unidad de negocios que orienta la promoción y participación, en virtud de que dentro de esta unidad se ubica el Programa de Transferencia de Tecnología de Biominas.

### **PROGRAMA DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

Como se mencionó previamente, el Programa de Transferencia de Tecnología (PTT<sup>3</sup>) es producto de la cooperación técnica entre Biominas, el Banco Interamericano de Desarrollo y el Fondo de Inversión Multilateral. El Programa está dirigido a micro y pequeñas empresas del sector biotecnológico, especialmente de Minas Gerais (aunque no de manera exclusiva). Las áreas de aplicación incluyen las siguientes:

Salud, agricultura, ambiente, biodiversidad, acuicultura, bioinformática, así como software biomédico y de salud.

La lógica para la conformación del Programa de Transferencia de Tecnología centró su atención en las restricciones y obstáculos comúnmente enfrentados por las pequeñas y medianas empresas (PYME) en países como Brasil y, muy posiblemente, en la mayor parte de Latinoamérica.

En el caso brasileño, la situación de las PYME se caracteriza por la falta de capital de riesgo o inadecuado financiamiento a largo plazo, dadas las especiales condiciones de dichas empresas. En el Brasil hay dos tipos tradicionales de financiamiento disponible para empresas:

3 El acrónimo del programa corresponde al nombre en portugués: Programa de Transferência de Tecnologia

- *Financiamiento público.* Por razones contables, el financiamiento público para empresas privadas debe estar ligado a actividades de interés público. Este requisito implica en ocasiones el rezago en la toma de decisiones y el enfrentamiento de “culturas”, como es el caso de lo público *versus* lo privado o la mentalidad científica *versus* la mentalidad empresarial. Más aún, el financiamiento público en Brasil ha experimentado una disminución sistemática en los años recientes y es muy improbable que repunte en un futuro próximo.
- *Financiamiento bancario privado.* Esta clase de financiamiento tiende a buscar retornos en el corto plazo, lo cual no es compatible con los horizontes de tiempo que el desarrollo tecnológico requiere usualmente. Además, los bancos tienden a eludir los riesgos en las inversiones empresariales, exigiendo condiciones financieras seguras y garantías tangibles que difícilmente pueden ser cubiertas por pequeñas empresas de base tecnológica en fase embrionaria.

En vista de estas condiciones y dada la persistente falta de tradición en mercados financieros y bursátiles, con el propósito de impulsar empresas de base tecnológica, parece claro que una cultura productiva de capital de riesgo necesita ser alimentada.

El Programa de Transferencia de Tecnología posee algunas características de capital de riesgo “prototipo”. Con ello, puede considerarse que una de las intenciones más importantes es diseminar la cultura de capital de riesgo para micro y pequeñas empresas de base tecnológica.

En paralelo al financiamiento de proyectos de transferencia de tecnología, el PTT desarrolla también actividades de prospectiva y capacitación tecnológicas. Los montos de financiamiento ascienden a US \$ 3.250 millones y una contrapartida equiva-

lente debe ser aportada por las empresas solicitantes. Los retornos financieros se logran a través de diversas fórmulas de participación en los resultados de proyectos, tales como participación accionaria, porcentajes sobre ganancias anuales y asociaciones limitadas para investigación y desarrollo.

En su primer año de operación, el PTT ha estructurado su Unidad Ejecutiva y Comité de Selección. También ha preparado material de difusión y formatos estándar de solicitudes, sistemas de evaluación y contratos.

Quince proyectos han sido sometidos al PTT de los cuales cuatro fueron seleccionados y formalizados por vía contractual. El apoyo financiero total para estos cuatro proyectos durante el primer año fue de US \$941.134 (más la contrapartida respectiva), haciendo así un promedio por proyecto de US \$235.238,50.

Las áreas principales de aplicación se presentan a continuación en la Tabla 3:

**Tabla 3.**  
**Proyectos PTT-1999.**

Áreas	Número de proyectos
Biomedicina	4
Bioinformática y software	3
Diagnóstico	3
Biología molecular	2
Ambiental	2
Farmacéuticos	1
<b>Total</b>	<b>15</b>

Fuente: Biominas, 1999.

Además del análisis y financiamiento de proyectos, el PTT ha llevado a cabo también actividades de prospectiva en el área de biodiversidad. Junto con la Facultad de Farmacia de la

Universidad Federal de Minas Gerais y contando con el patrocinio de la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), el PTT ha promovido un foro internacional denominado *Business Forum on Biodiversity – Opportunities for Rational Use*. Este espacio de encuentro fue parte de la 2ª Conferencia Internacional sobre Biodiversidad de la IUPAC. Los objetivos principales del ejercicio prospectivo se dirigieron a la identificación de oportunidades para un uso racional de la biodiversidad brasileña. Pese a su gran potencial, no se han postulado aún proyectos sobre biodiversidad al PTT, como lo indica la Tabla 3.

### COMENTARIOS FINALES

A lo largo de este trabajo, se presentaron las iniciativas para el desarrollo empresarial biotecnológico en Minas Gerais y el papel de dos instituciones relevantes, Biobras y la Fundación Biominas. Igualmente, se presentó el Programa de Transferencia de Tecnología que encabeza Biominas. Como comentarios finales se anota que:

Primero, se destaca el rol clave de las instituciones de apoyo, como lo ilustra Biominas en su labor de impulso al crecimiento sectorial y en la conformación de una masa crítica (empresarial, científica, tecnológica y financiera). El papel de estas instituciones de enlace sumado a la actitud proactiva de las empresas por agruparse en polos o *clusters*, es un componente importante en el caso de Minas Gerais. Se considera que este esquema posee un enorme potencial de éxito y su carácter único en el Brasil (que no ha tenido paralelo en ninguna otra región del país) es un fuerte argumento en su favor.

Segundo, por lo que toca al Programa de Transferencia de Tecnología, aún no pueden hacerse afirmaciones definitivas pues se encuentra apenas en sus etapas iniciales de operación. Por el momento, lo que se espera de un programa de esta naturaleza es lo siguiente:



1. Que constituya una fuente de capital semilla para empresas pequeñas en fase embrionaria.
2. Que contribuya al crecimiento sectorial, y
3. Que auxilie en el aprendizaje y cambio de actitudes acerca del capital de riesgo en el Brasil.

## REFERENCIAS

- Biominas, 1999. Biotech Mapping in Minas Gerais.
- IBGE, 1996. Censo Demográfico. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas.
- Judice, V.M.M. & Mascarenhas, P. S., 1999. *Small and Medium-Sized Enterprises in the Bio-Industry: A Comparative Study of Biotechnology Incubation Experiences in Brazil*. Paper presented at the 44th ICSB World Conference, Naples, Italy, 20-23 June.

# BIOTECNOLOGÍA EN CHILE: ¿MITO O REALIDAD?

ALFREDO E. DE LOANNES\*

\* Gerente General, Biosonda S.A.  
Eduardo Castillo Velasco 2902 Ñuñoa Santiago, Chile.  
Email: [biosond@ittglobal.net](mailto:biosond@ittglobal.net), <http://www.biosonda.cl>

Biotecnología: Existen varias definiciones para esta actividad económica que ha tenido un rápido crecimiento en los últimos 30 años, sin embargo, todas ellas coinciden en que consiste en la utilización de seres vivos o elementos de ellos para la producción de bienes y servicios. Se prevé que esta actividad será clave en la preservación de los recursos naturales, en el tratamiento de enfermedades y en la alimentación de la humanidad en este milenio.

**Tabla 1:**  
**Historia de la biotecnología.**

## **Eras de la biotecnología**

### **Biotecnología arcaica**

Fermentaciones: vino, cerveza, quesos

Selección de variedades de vegetales y razas de animales

### **Biotecnología post-Mendel**

Obtención de variedades e híbridos vegetales

Híbridos de animales. Ej.: pollos Broiler

### **Biotecnología post-Pasteur**

Microbiología moderna

Fisiología y metabolismo bacteriano

Vacunas convencionales

### **Biotecnología actual**

Tecnología del DNA recombinante

Fusión somática: anticuerpos monoclonales

Plantas y animales transgénicos

Líneas germinales

Vacunas recombinantes y mínimas

Producto de la creatividad del ser humano, esta actividad ha sido relevante en el desarrollo de las civilizaciones que se han desarrollado en el planeta. La tabla que se muestra en la página anterior indica algunas de las etapas clave a lo largo del tiempo y reseñan el impacto que ha tenido el conocimiento científico en la evolución.

La biotecnología se ha desarrollado fuertemente en el Hemisferio Norte, particularmente en Estados Unidos y Europa, donde la ciencia se cultiva como una actividad socialmente importante. En nuestros países y en el resto del mundo, el desarrollo de la biotecnología es incipiente y dependemos largamente de la transferencia tecnológica proveniente de los países desarrollados.

En los países del Tercer Mundo existen factores que limitan la formación de los recursos humanos, entre los cuales podemos mencionar una educación preuniversitaria que no incentiva o estimula las vocaciones científicas y, como consecuencia de esto, la ciencia básica se desarrolla dificultosamente por falta de recursos económicos y humanos calificados en cantidad y calidad. Este mismo hecho hace que varias disciplinas no se cultiven adecuadamente y esto limita seriamente el desarrollo de la biotecnología en estos países. Otro factor importante es nuestra experiencia limitada en la transferencia tecnológica entre la universidad y las empresas del sector productivo y, también, el recelo que muchos científicos tienen a la asociación con el sector productivo, posiblemente debido a nuestra herencia cultural fundamentalmente hispánica. Afortunadamente, gracias a políticas gubernamentales, en Chile se está incentivando la asociación entre universidades y el sector productivo vía financiamiento de proyectos de desarrollo.

Otro factor que ha limitado el desarrollo de la biotecnología ha sido el aislamiento geográfico que impone la lejanía de los países latinoamericanos a las fuentes de conocimiento. Sin

embargo, el acceso a las redes modernas de comunicación e información –principalmente Internet y e-mail– permiten pensar que en un futuro el acceso masivo a la información de mercadeo, tecnologías de punta y a los descubrimientos de la ciencia básica no estará limitado por la distancia geográfica.

Desde el punto de vista económico, la presencia de economías abiertas y competitivas en Sudamérica es un factor positivo para la generación de nuevas actividades económicas como la biotecnología. A pesar de estas condiciones, en nuestros países no existe el llamado capital de riesgo, que ha sido el motor de la generación de micro y medianas empresas, especialmente en Estados Unidos. Estas empresas se desarrollaron inicialmente al alero de las universidades, para luego adquirir vida propia, como se puede observar desde San Diego hasta Seattle en la costa oeste de Estados Unidos. En Chile, y en el resto de los países sudamericanos, el capital de riesgo no existe en la práctica, y en Chile sólo hay acceso a iniciativas patrocinadas por la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo) a través de su programa de Fomento de la Innovación Tecnológica y Productiva (Fontec), para generar fondos semilla que permitirían establecer las bases del capital de riesgo a futuro.

Al igual que en todo el mundo, los agentes involucrados en el desarrollo de la biotecnología comprometen a las instituciones generadoras del conocimiento como son las universidades y los institutos de investigación privados. En Chile existen varios institutos tecnológicos asociados a ministerios como agricultura, minería y salud, entre otros, pero, a diferencia de las instituciones de los países desarrollados, los institutos de investigación privados prácticamente no existen. Recientemente el Ministerio de Planificación Nacional ha puesto en práctica la Iniciativa Milenio, la cual provee fondos concursables para el financiamiento tanto de institutos de investigación asociados a universidades como independien-

tes. Seguramente esta iniciativa u otras que se puedan implementar a futuro, en este sentido, podrán fortalecer el flujo de información hacia las empresas para la producción de productos y servicios con un fuerte valor biotecnológico agregado.

Por ser la biotecnología una actividad comercial, las empresas deberían jugar un papel esencial. Desgraciadamente, la cultura empresarial en Chile no ha sido tradicionalmente innovadora y se ha preferido adquirir la tecnología en países desarrollados, por considerar que es menos riesgoso y a la larga más rentable. Esta actitud errónea es una de las causantes del subdesarrollo y del escaso desarrollo tecnológico; por lo tanto, cualquier iniciativa que propenda cambiar esta conducta, tendrá un impacto positivo en la actividad biotecnológica.

En los últimos 15 años los gobiernos chilenos, conscientes de la importancia de aumentar el valor agregado a nuestra actividad económica, han provisto de importantes pero aún insuficientes fondos para la investigación básica y su transferencia tecnológica a las empresas. Estas actividades son financiadas fundamentalmente por la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Conicyt) por la vía de los proyectos del Fondo de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt), orientados fundamentalmente a la ciencia básica, a los cuales pueden concursar empresas que demuestren un nivel alto de excelencia. Los proyectos Fondef; están más orientados a la transferencia tecnológica desde el sector académico a las empresas. Otra línea de financiamiento de gran importancia son los proyectos Corfo que incluyen desde proyectos de innovación tecnológica (Fontec) hasta de infraestructura, con acceso a crédito bancario.

Es evidente que el desarrollo de la biotecnología depende de la transferencia de conocimientos y tecnología desde la academia hacia empresas con capacidad innovadora, que sean capaces de asimilar la tecnología, y sobre la base de los reque-

rimientos del mercado, sean capaces de desarrollar productos y servicios.

Pero cabe preguntarse de qué manera la academia puede beneficiarse de un desarrollo activo de la biotecnología. Desde luego, se obtendrían mayores recursos por patentes de invención, la actividad biotecnológica que, por estar íntimamente relacionada con la vida cotidiana humana, genera una percepción positiva de la ciencia y en el mediano plazo se incentivaría la captación de vocaciones científicas y se generaría una capacidad mayor de empleo, que evitaría la emigración masiva de talentos jóvenes a países desarrollados.

En nuestro país, la actividad biotecnológica que se realiza en las universidades tradicionales es fundamentalmente de tipo académica y su relación con el sector productivo es escasa. A pesar de la existencia de la Comisión Nacional de Biotecnología, al alero de Conicyt, no se ha logrado una comunicación fluida entre las pocas empresas de biotecnología existentes y las universidades. Los congresos bianuales nacionales han contado con una participación masiva de investigadores universitarios y mínima de las empresas del sector. Llama la atención que no se hayan incluido en esos eventos, las llamadas *ruedas de negocios*, que son una actividad fundamental para transferir los desarrollos tecnológicos hacia el sector productivo y empresarial.

Bajo estas circunstancias, es de esperar que la biotecnología en Chile se encuentre en un desarrollo incipiente, con un número pequeño de empresas y que la actividad sea escasa; en esto ha influido la ausencia de una industria farmacéutica activa en la producción de fármacos para la región.

Las pocas iniciativas que han prosperado se han concretado por medio de proyectos privados, que se han realizado sin la participación activa de la academia, a pesar de que los fundadores han estado ligados a las universidades.

Esperamos que esta situación cambie radicalmente en los próximos años, ya que existe consciencia en el ámbito de las autoridades gubernamentales y universitarias: sólo se requiere pasar de las palabras a la acción, mediante la implementación de políticas nacionales que impulsen la investigación científica y su transferencia hacia el sector productivo. Además, puede resultar muy importante definir una legislación tributaria que incentive la donación de fondos, que favorezcan el desarrollo de proyectos con impacto biotecnológico en el país, como ha sido tradicional en los países desarrollados.

## DESARROLLO DE LA BIOLOGÍA MOLECULAR COMERCIAL EN COLOMBIA

PATRICIA DEL PORTILLO\*

\* Corporación CorpoGen, calle 26ª N° 37-28. Santafé de Bogotá.  
Email: [corpogen@colomsat.net.com](mailto:corpogen@colomsat.net.com)

CorpoGen, creada en julio de 1995, es una corporación sin ánimo de lucro regida por el derecho privado, compuesta por 15 investigadores, tres con grado de Ph.D. y cuatro con amplia experiencia en biología molecular, que se está consolidando como una institución de excelencia científica y tecnológica que le permite competir en el mercado mundial. Los miembros fundadores de CorpoGen, con formación académica y experiencia laboral adquirida en centros de investigación nacionales e internacionales, fundaron la Corporación con la misión de impulsar el desarrollo de la biotecnología molecular en Colombia. La Corporación reúne un grupo multidisciplinario de profesionales, que comparten infraestructura y recursos, para integrar tres frentes de trabajo independientes pero relacionados: *investigación científica, capacitación de recursos humanos y venta de servicios y productos de alta tecnología*. Mediante este esquema se establece una unión estrecha entre los procesos de investigación y desarrollo que buscan promover la calidad científica, solucionar problemas propios y comercializar productos y servicios necesarios para lograr la autosostenibilidad de la Corporación.

En el área de investigación científica, se incursiona en tres áreas o categorías:

### 1. Salud humana

- Identificación de promotores de *Mycobacterium tuberculosis*.
- Tipificación de HLA-DR.



- Genotipificación de rotavirus.
- Diagnósticos moleculares (tuberculosis humana y bovina, toxoplasmosis y citomegalovirus).

## 2. Salud animal

- Desarrollo de sistemas diagnósticos para la tuberculosis bovina.
- Kits de diagnóstico para el virus de la mancha blanca del camarón.

## 3. Salud vegetal

- Identificación de *Fusarium oxysporum* f. sp. *diathi* en esquejes de clavel.
- Expresión y caracterización de una hemicelulasa de *Fusarium oxysporum* f. sp. *diathi*.

En el área de productos CorpoGen cuenta con varios productos moleculares generados a partir de investigación científica desarrollada; ellos incluyen:

- Sistema diagnóstico para *Fusarium oxysporum* f. sp. *diathi* utilizando la reacción en cadena de la polimerasa (PCR).
- Kit para el diagnóstico del virus del síndrome de la mancha blanca del camarón, WSSV.
- Kit para la tipificación genética humana HLA-DR mediante técnicas moleculares.
- Sistema de aislamiento de DNA humano.

También se han desarrollado y comercializado otros productos, como son:

- Oligonucleótidos sintéticos.
- Taq DNA polimerasa.
- Marcadores de peso molecular.

Dentro de los servicios que presta CorpoGen están:

- Asesorías en proyectos que involucren técnicas moleculares.
- Secuencia de ácidos nucleicos.
- Diseño de iniciadores, entre otros.

Un ejemplo de las investigaciones que se encuentran actualmente en CorpoGen en fase de desarrollo es el kit diagnóstico para tuberculosis bovina mediante la reacción en cadena de la polimerasa. El desarrollo de este sistema de diagnóstico comenzó con estudios en ciencias básicas, base para la investigación aplicada. La investigación se realizó en dos fases, la primera financiada por Colciencias, Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología –Francisco José de Caldas– y finalizó con la identificación de una secuencia específica del microorganismo que permitía identificar ese tipo de tuberculosis.

La segunda fase fue interinstitucional y en ella participaron el Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), el Instituto Nacional de Salud (INS), el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Corporación CorpoGen. En este momento se encuentra en la fase final de investigación, tratando de mejorar el material biológico, y en la búsqueda de hacer el sistema más amigable al usuario, en especial para el manejo de un alto número de muestras.

En cada uno de nuestros desarrollos, podemos concluir que tenemos muy poca interacción y que hay aspectos que deben manejar personas especializadas mediante alianzas estratégicas, que nos permitan fortalecer aspectos de mercadeo, diseño de productos, etc.

En productos como la Taq polimerasa, y los kits se plantearon algunos interrogantes: ¿Cómo diseñamos? ¿Cómo envasamos? ¿Cómo exportamos?

Lo cual nos confirma la necesidad de establecer grupos interdisciplinarios que pueden ser establecidos a través de alianzas.

En el aspecto financiero, los tres primeros años (1996-1998), la Corporación se sostuvo con proyectos de investigación financiados por entidades colombianas, a mediados de 1998, debido a la crisis económica del país, los recursos para investigación disminuyeron notablemente. Por este motivo, desde esa época, la institución se ha mantenido con las utilidades generadas por las ventas y servicios. Actualmente se generan 15.000 dólares mensualmente.

Ser un centro autosostenible ha implicado un gran esfuerzo, sin embargo, el área de servicios le ha permitido a CorpoGen tener éxito y mantenerse en el campo de la investigación.

Una forma de impulsar este tipo de centros de investigación e innovación tecnológica sería mediante la inversión de capital de riesgo. El país debería apostarle al desarrollo propio ya que tenemos campos en los cuales actuar, campos en los cuales desarrollar productos biotecnológicos, por ejemplo, en dengue, enfermedad propia de los países tropicales en la cual se realiza muy poca investigación y poca inversión, debido a que afecta principalmente a países en vías de desarrollo. Otro problema grave que vemos con respecto al desarrollo de la biotecnología, en nuestro país, es que cada vez invertimos menos en investigación básica, pilar fundamental para el desarrollo de nuevas tecnologías.

A este respecto, es el ideal de CorpoGen tener suficientes recursos propios para invertir en investigaciones básicas y aplicadas que nos permitan solucionar problemas propios, que en definitiva mejoren la calidad de vida de la población.

## HISTOLAB LTDA., UNA EMPRESA DE BASE BIOTECNOLÓGICA

CAMILA MONROY \*

\* Jefe de Laboratorio, Histolab LTDA.  
Calle 26 N° 37-28. Santafé de Bogotá.  
Email: [histolabcm@openway.com.co](mailto:histolabcm@openway.com.co)

Histolab Ltda. es una compañía colombiana de biotecnología, creada en 1988 con el objetivo de investigar y desarrollar productos de base biotecnológica para el diagnóstico en laboratorios de medicina humana.

El lineamiento de la empresa es implementar técnicas de vanguardia en el desarrollo de productos de diagnóstico, que sean de fácil aplicación e interpretación, basados en métodos modernos, como la biología molecular y anticuerpos monoclonales, bases actuales de muchas pruebas diagnósticas en el contexto mundial. Para ello se ha integrado un equipo de trabajo en el cual participan biólogos, microbiólogos, médicos y otros profesionales de áreas afines.

Histolab Ltda. es la primera empresa en el país que ha desarrollado y fabricado productos de diagnósticos basados en la tecnología de los anticuerpos monoclonales, que son base de muchas pruebas diagnósticas utilizadas globalmente.

Es así como en un par de años tenemos disponible en el mercado nacional los primeros productos nacionales, para identificación de los grupos sanguíneos de importancia en la transfusión sanguínea.

El dominio de esta tecnología le abre a nuestra empresa nuevos horizontes a nivel de cooperación con otros centros nacionales e internacionales, posibilidades de exportación a países vecinos y transferencia de tecnología con otras instituciones.

En la actualidad tenemos en el mercado nacional 16 productos desarrollados y fabricados localmente que tienen aceptación en el mercado nacional.

Dentro de nuestros clientes, contamos con conocidas instituciones en el ámbito nacional, como son el Hospital Militar, la Universidad de Antioquia, el Hospital Simón Bolívar, el Hospital Lorencita Villegas de Santos, el Instituto Nacional de Salud, la Organización Panamericana de Salud, la Cruz Roja Colombiana, el Instituto de Seguro Social, la Universidad Javeriana y Pfizer.

Para las directivas de la empresa, es claro que una empresa biotecnológica debe tener proyección internacional, dados los altos costos de infraestructura que conlleva una industria de este tipo y el interesante potencial de mercado en el ámbito mundial. Igualmente, es claro que este propósito requiere que la empresa tenga un crecimiento, proyectado, mediante la incorporación de nuevos inversionistas, alianzas estratégicas con empresas nacionales o extranjeras, con el fin de que en un plazo razonable se pueda contar con las instalaciones adecuadas en espacio y normas de calidad que nos permitan acceder a mercados internacionales.

La empresa tiene planes concretos en cuanto a consecución de equipamiento, vinculación de nuevos profesionales con habilidades en el área de microbiología, biología molecular y celular y reestructuración de las áreas administrativa y comercial; así mismo tenemos potencial importante para la comercialización de nuestros productos en todo el territorio colombiano y en otros países latinoamericanos (Venezuela, Perú, Ecuador y algunos de Centroamérica), cuya situación es similar a la de Colombia en cuanto a la carencia de industria biotecnológica y la dificultad de conseguir productos de aplicación diagnóstica.

## ESTRATEGIAS

Desde su creación, la empresa ha querido ofrecer al mercado colombiano productos de excelente calidad con buen respaldo y buena asesoría de manejo. A pesar de que el mercado del diagnóstico es, en su mayoría, dominado por grandes empresas multinacionales, nuestra labor empieza a ser reconocida y ya se empezó a participar activamente en el mercado diagnóstico nacional y a dar los primeros pasos en los países vecinos.

El desarrollo de los medios de cultivo listos para el uso que hoy forman un importante renglón de nuestra producción, fue fruto de la información obtenida por los asesores de ventas, quienes sugirieron estudiar las posibilidades en el área de bacteriología, debido a que no es frecuente que los laboratorios cuenten con la infraestructura adecuada para la elaboración de estos medios.

Otras casas extranjeras muy acreditadas ofrecen estos medios de cultivo como alternativa de materia prima para ser procesada por el usuario. De manera que nosotros decidimos ofrecer a nuestros clientes estos productos para identificación de bacterias listas para uso. Esta estrategia nos permitió entrar a competir en un mercado que solamente participaban grandes compañías. Los resultados obtenidos durante los tres años, desde la introducción de la línea, demuestran que el mercado colombiano requiere soluciones prácticas para sus necesidades en esta área. Estas necesidades han sido plenamente satisfechas con un producto de fabricación local. Posteriormente, casas extranjeras han traído a nuestro mercado este tipo de productos. Cabe destacar que en este caso fue una empresa local quien introdujo este tipo de productos al mercado.

El desarrollo de anticuerpos monoclonales con fines diagnósticos es una prioridad de la empresa por ser productos que en la actualidad no se fabrican en el país y, además, por-

que involucran tecnología de vanguardia y abren las puertas a la competencia del mercado internacional. La empresa se propuso trabajar en esta área y es así como hoy se tienen en el mercado los primeros reactivos de base monoclonal fabricados en Colombia. Cabe destacar el enorme potencial de esta tecnología cuyas aplicaciones se extienden a otras áreas diferentes a la salud humana, por ejemplo, en diagnóstico y control de calidad en agricultura y veterinaria.

### **MERCADOS Y VENTAS**

Los productos que la línea de Histolab están dirigidos a los siguientes clientes:

- Clínicas y hospitales.
- Bancos de sangre.
- Laboratorios clínicos.
- Centros de investigación.
- Facultades de Medicina, Microbiología y Biología
- Industria farmacéutica, cosmética y alimenticia. Aún sin trabajar.

Canales de distribución actuales y futuros:

- Ventas directas al usuario final.
- Ventas a través de distribuidores (básicamente, fuera de Bogotá).
- Ventas a otras compañías "a granel" para ser comercializadas con otras marcas (sueros, hemoclasificadores, VDRT).
- Ventas de materia prima para que el cliente lo someta a sus propios procesos (medios de cultivo en polvo).
- Licenciamiento de líneas celulares a otras compañías.

- Transferencia de tecnología a otras compañías o centros tecnológicos o instituciones hospitalarias o de investigación.
- Fabricación de productos bajo pedido.

## MERCADO NACIONAL

El mercado colombiano de productos de diagnóstico para el año 1996 (último dato disponible) asciende a 27.000 millones de pesos. En el siguiente cuadro aparecen algunos de los renglones más importantes para los cuales existen datos.

**Tabla 1.**  
Compañías que participan en el mercado de productos de diagnóstico

Productos	Total millones	Compañías que participan en el mercado
Enfermedades infecciosas		Abbott; Organon; Human; Ortho; Merck
Hepatitis	4.200	Abbott; Organon; Behring; Human; Pasteur; Merck
SIDA	2.600	Abbott; Organon; Behring; Merck
Sífilis, toxoplasma, rubéola, virus herpes	1.200	Abbott; Behring; Biomerieux; Human; Histolab
Bacteriología	1.500	Merck; Oxoid; BBL; Difco; Lab M; Histolab; Biobacter
Química clínica (glucosa, Colesterol, ácido úrico)	8.000	Bayer; Boehringer; Merck
Cáncer	650	Abbott; Amersham; DPC
Grupos sanguíneos	1.000	Organon; Baxter; Ortho; Dominiam; Histolab
Pruebas de embarazo (sin incluir los hometesia)	1.800	Organon; HB; Abbott
Tiroides	1.700	Abbott; Baxter; DPC
Alergias y enfermedades autoinmunes	300	Abbott; BioMerieux Hybritech

\*\* A partir del año 2000 Histolab Ltda. entrará a participar en el mercado de pruebas de embarazo y de función tiroidea.

Dado que la empresa tiene planes de desarrollo de nuevos productos, continuamente, no se descarta la participación en otras áreas del mercado.



## COMENTARIOS

El panel buscó recoger las experiencias de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología de cuatro empresas de la región (Argentina, Chile y Colombia) que aplican la biotecnología para la producción de bienes y servicios en el sector de salud humana. Estas experiencias fueron complementadas con la visión de una institución del Brasil, cuya función primordial es la de servir como un mecanismo facilitador de asociación y enlace entre los productores y los usuarios del conocimiento.

Las compañías señalaron, como las principales limitantes para un satisfactorio desempeño en la entrega de productos y/o procesos de base biotecnológica a la sociedad, las siguientes:

- Falta de capital de riesgo que incentive la inversión para las pequeñas y medianas empresas de base biotecnológica.
- Baja, inadecuada y dispersa inversión del Estado en las ciencias básicas y aplicadas que soportan el desarrollo de la biotecnología.
- Desconocimiento de los instrumentos legales (patentes, licencias, acuerdos) que facilitan una adecuada transferencia de la tecnología.
- Desconocimiento por parte de banqueros e inversionistas de los horizontes de tiempo en los cuales las inversiones en biotecnología alcanzan su punto de equilibrio y comienzan a rendir sus frutos.
- Desconfianza en la relación investigador-empresario en la cual subsiste la dicotomía público *versus* privado.
- Poca presencia de sistemas de información que entreguen tanto a investigadores como empresarios, la información de "¿Quién hace qué?"; "¿Cómo lo hace?", "¿Dónde lo hace?"; "¿A qué precio?"; "¿Qué potencial de mercado y qué clientes tiene el producto o servicio?".

Las oportunidades más significativas se dieron cuando las empresas lograron realizar sus propios desarrollos, fueron capaces de realizar alianzas estratégicas, *joint ventures*, reconocieron la indispensable necesidad de contar con recursos humanos altamente calificados, trabajando de manera interdisciplinaria y lograron seleccionar con base en cuidadosos estudios de mercado, nichos específicos en los cuales fueron capaces de competir con éxito, no sólo a nivel local, sino también regional o internacional.

Es necesario que todos los actores involucrados reconozcan que la innovación y desarrollo en biotecnología no se alcanza en horizontes de tiempo cortos, sino en escenarios de mediano y largo plazo. Los casos de las empresas y de los centros de vinculación exitosos muestran largas historias de inversión, innovación y desarrollo, que van desde los 60 años en el caso de BioSidus de Argentina, pasando por 25 años, aproximadamente, de Biominas en el Brasil, hasta los de muy reciente tradición como los 15 años de CorpoGen en Colombia o los 5 años de Histolab.

El Estado debe pensar en redefinir el papel que cumplen sus instituciones de apoyo al desarrollo científico y tecnológico. Los fondos que se otorgan bajo diferentes modalidades no son competitivos, duplican acciones y trabajos que se realizan en otras latitudes e incluso en el mismo país, en la mayor parte de los casos no aportan capital de riesgo y no entregan subsidios tributarios o fiscales que apoyen de manera real el proceso de innovación.

Es innegable la manera como los centros de vinculación o enlace tipo (Biominas) logran generar políticas e instrumentos que acercan a sectores tradicionalmente distanciados, como son la universidad, los centros de investigación y las empresas. El futuro exitoso parece pasar por la generación y desarrollo de instrumentos como los "*clusters* empresariales" que pueden reunir empresas del tipo incubado o asociado con fines

de innovación y desarrollo local y/o regional y en incentivar y desarrollar, a partir del conocimiento y la innovación universitaria, los necesarios “desprendimientos” o *spin-off* que logran insertar y vincular a todos los participantes en el desarrollo y transferencia de biotecnologías en el sector salud.

**PANEL 2**

**Sector alimentos**



## **BIOTECNOLOGÍA DE ALIMENTOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN UNIVERSITY OF THE WEST INDIES, (St Augustine, Trinidad)**

GAIL S.H. BACCUS TAYLOR (PhD)\*

\* Food Science and Technology Unit, Department of Chemical Engineering.  
The University of the West Indies. St Augustine Trinidad.  
Email: [gbaccust@eng.uwi.tt](mailto:gbaccust@eng.uwi.tt)

La Universidad de West Indies comprende cuatro sedes localizadas en Trinidad y Tobago, Barbados, Jamaica y las Bahamas, representadas por los campus de St Augustine, Cave Hill, Mona y Bahamas, respectivamente. En Trinidad se han realizado trabajos en tecnología de alimentos y biotecnología. En Jamaica estos esfuerzos se desarrollan en un centro de investigación, bajo la conducción del Scientific Research Council (SRC) y el Food Technology Institute (FTI), y en Antigua los trabajos son llevados a cabo por Produce Chemistry Laboratory.

Este trabajo muestra algunas de las iniciativas que en biotecnología y tecnología de alimentos son desarrolladas por el Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería de la Universidad de West Indies, St Augustine, Trinidad.

### **INICIATIVAS EN BIOTECNOLOGÍA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA DE PROCESOS**

En el área de biotecnología de procesos (ingeniería bioquímica), el Departamento de Ingeniería Química, cuenta con un laboratorio de microbiología y fermentaciones que desarrolla las siguientes áreas de investigación.

- Estudio de los procesos de hidrólisis vía mecanismos enzimáticos.
- Recuperación de proteínas.
- Procesos de fermentación.

En el área de procesos de hidrólisis se desarrollan proyectos que buscan la conversión de almidón de arroz a jarabe de fructosa vía mecanismos enzimáticos (adición directa, uso indirecto de enzimas de maltasas); el uso de enzimas en la hidrólisis de productos ligno-celulósicos y materiales constituidos por almidones (especialmente en la hidrólisis de malta de papa y almidón de Taro-Eddoes) y actualmente se trabaja en la producción de la enzima amilasa a partir de *Bacillus subtilis*, debido a la gran importancia que esta enzima tiene en la industria azucarera para la clarificación de almidones.

En el área de proteínas se adelantan proyectos para lograr la recuperación de las mismas a partir de: almidón de arroz, cáscaras de frutas, yuca (cassava), medios no filtrados de bananos maduros y hojas de caña de azúcar; las proteínas extraídas están siendo usadas para fortificar cereales y productos de panadería, con resultados bastante promisorios.

En fermentaciones se cuenta con procesos en cultivo continuo o en estado sólido dirigidos a la producción de etanol y jarabes de fructosa, a partir de substratos, como caña de azúcar, arroz, pulpa de banano, grasas, jarabes de desecho, frutas y vegetales. Los microorganismos de elección han sido el *Aspergillus niger* (fermentación en estado sólido) y *Leuconostoc mesenteroides* (producción de dextrano).

Algunas áreas adicionales de interés se enfocan hacia la producción de proteína unicelular (SCP) a partir de efluentes de destilerías; la obtención de resaltadores de sabor (en asocio con Trinidad Fine Cocoa) y el tratamiento enzimático de desechos de mango, para incrementar la productividad del jugo y reducir su viscosidad (en conjunto con el Caribbean Industrial Research Institute).

## ÁREAS POTENCIALES

Como áreas de potencial interés para continuar los estudios de investigación y desarrollo, se sugieren: fermentaciones en estado sólido, producción y recuperación de proteínas a partir de hojas y fuentes de carbohidratos, uso de enzimas y aislamiento y uso de microorganismos nativos en aplicaciones medioambientales.

También se recomienda potenciar el área de producción de vinos, yogur, quesos, tempeh, proteína unicelular y realzadores de sabor adelantada por la Unidad de Ciencia y Tecnología de Alimentos en el mismo Departamento de Ingeniería Química.

## TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

Infortunadamente, la transferencia de tecnología en las grandes industrias de fermentación de Trinidad y Tobago (cerveza, ron, quesos, vino, yogur) sólo se ha dado a escala de laboratorio y, en la mayoría de los casos, sin tener en cuenta las necesidades reales de la industria.

Se ha buscado entrenamiento en forma de cursos, talleres, seminarios, conferencias y publicaciones, buscando privilegiar los vínculos entre la industria y la universidad, para beneficio final de los consumidores, usuarios últimos de las investigaciones.



## CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LEVAPAN S.A. RECUENTO HISTÓRICO Y CONCEPTUAL

GLORIA MABEL ZAPATA\*

\* Levapan. Tuluá, Colombia. Cra 27<sup>a</sup> No. 40-470, Tuluá, Valle.  
Email: [levapan1@teletulua.com.co](mailto:levapan1@teletulua.com.co)

Levapan S.A. es una compañía colombiana especializada en la producción de levadura, fundada desde 1952, por un empresario de visión futurista, que incursionó en el mercado, luego que siete compañías habían previamente tratado de ingresar a él infructuosamente.

En el inicio de la década de los 60, la compañía decide construir su planta en Tuluá, Valle del Cauca, donde hoy se concentra toda la producción de levadura; posteriormente se establecen las plantas de Ecuador y Panamá. A mediados de la década de los 70 se incursiona en el mercado latinoamericano, suministrando y exportando levadura seca al 60% del mercado panificador de Venezuela, e incursionando en los mercados de producto masivo.

En los ochenta y bajo la presidencia de Rodrigo Mejía, se dan tres hechos fundamentales: 1) establecimiento de la planta en Venezuela como un mecanismo de producción *in situ*, penetración del mercado y posicionamiento de la marca, 2) lanzamiento de un departamento de investigación y desarrollo, 3) ingreso de las tecnologías de automatización industrial, control automático de procesos fermentativos, operación de fermentadores industriales de columna alta y marcado interés por los aspectos ambientales de operación de la compañía, como respuestas a la inquietud frente a los procesos de globalización internacional.

Hacia los años noventa la compañía, basada en el concepto binomio-tecnología-competitividad, dirige sus esfuerzos de

investigación y desarrollo hacia tres áreas: procesos para levadura de panificación, extracto de levadura y desarrollo de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales y, así mismo, decide ampliar sus operaciones construyendo una planta totalmente automatizada en Paraguay con el objetivo de satisfacer parte de las necesidades de Mercosur.

La tecnología levadurera de Levapan ha sido fruto del esfuerzo propio y de varios factores, dentro de los que cabe mencionar: consolidación y afianzamiento de un *joint venture* de más de 15 años, asesoría técnica por parte del Instituto de Fermentaciones de Berlín y de una empresa austríaca que se han traducido en una planta y un fermentador piloto con control automático, la adecuación de una planta piloto de operaciones unitarias y bioprocesos, la construcción de un laboratorio con tecnología instrumental para liberar al laboratorio de control de calidad, incorporación de un selecto grupo de investigación y desarrollo y la adquisición de modernos equipos de análisis y control de proceso.

El desarrollo de los nuevos procesos biotecnológicos de reproducción y fraccionamiento de la levadura, teniendo como meta la utilización integral de la célula de *Saccharomyces cerevisiae*, el dominio de la tecnología fermentativa y enzimática y el empuje y visión de nuestra gente, permiten vislumbrar hacia el futuro la consolidación de Levapan como una compañía biotecnológica internacional, con vocación de innovación permanente.

## COMENTARIOS

Este panel pretendió recoger las experiencias que en el área de biotecnología aplicada a los alimentos, tenían una empresa nacional (Levapan) y un Centro de Investigación ligado a una Universidad en el área del Caribe inglés, específicamente en una de las cuatro sedes de la Universidad de West Indies en Trinidad.

Los participantes mencionaron como las mayores barreras para aplicar la biotecnología al desarrollo de productos, en el sector de los alimentos, las siguientes:

- Falta de una adecuada interrelación y complementación entre las necesidades reales de la industria y los ofrecimientos de tecnología y servicios por parte de las universidades y centros de investigación en la región (específicamente en Trinidad y Tobago, Barbados, Jamaica y las Bahamas).
- Inadecuado conocimiento de los aspectos legales de la propiedad intelectual y la transferencia de tecnología, que dificultan e imposibilitan cualquier tipo de acercamiento entre los actores del proceso de innovación.
- Inadecuada capacidad técnica para competir en mercados globalizados, en los cuales los requisitos de calidad serán indispensables para traspasar las fronteras de los mercados nacionales.

Las mayores posibilidades de desarrollo, innovación y transferencia de productos se dan en los campos de fermentaciones y producción de proteínas, debido a que se cuenta con la materia prima necesaria para desarrollar los productos (caña de azúcar, residuos de frutas, vegetales y materiales ligno-celulósicos, entre otros).

El caso expuesto de Levapan se muestra como una empresa de base nacional, fue capaz de responder a las exigencias de

la globalización, compitiendo con productos de calidad, basándose en un esquema de tecnología-competitividad y abriendo mercados a nivel regional (caso Panamá, Ecuador, Perú y Venezuela), para luego buscar su expansión a países como Paraguay, que vinculan a la compañía con otro mercado regional de mayor envergadura, como el de Mercosur.

En el futuro, en el área de alimentos, será indispensable basar la competitividad en la innovación permanente, en la búsqueda de nuevos mercados, el cumplimiento de estándares de calidad (especialmente normas ISO 9.000), certificaciones acerca de la identidad genética del producto (alimentos modificados genéticamente), y en el cumplimiento de estándares ambientales (ISO 14.000).



## **PANEL 3**

**Sector medio ambiente e industria**



## **TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL MERCADO AMBIENTAL: UN CASO DE VINCULACIÓN DE LA UNAM**

ANTONIO GALÁN ALCALÁ\* y ADALBERTO NOYOLA ROBLES\*\*

\*Coordinación de Vinculación e \*\*Instituto de Ingeniería, UNAM  
Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510, México, D.F.

Email: [agalan@servidor.unam.mx](mailto:agalan@servidor.unam.mx)

[noyola@pumas.iingen.unam.mx](mailto:noyola@pumas.iingen.unam.mx)

El papel desempeñado por las universidades en la generación de soluciones a problemas concretos en el ámbito técnico ha sido y continúa siendo materia de reflexión teórica así como de permanentes esfuerzos por desarrollar modelos prácticos que conduzcan al aprovechamiento efectivo del potencial disponible, especialmente en países en los cuales los recursos de conocimiento técnico de origen local son escasos o sus vías de acceso están limitadas por factores algunos tales, como los costos de desarrollo, aspectos culturales, etc.

La promoción de la participación activa de la academia, en los procesos de innovación tecnológica, ha sido una tarea ardua en la que diversos factores de orden contextual y otros de carácter específico confluyen para determinar el éxito o el fracaso de proyectos de vinculación universidad-industria. Una visión integrada de los elementos que favorecen u obstaculizan la relación resulta indispensable para diseñar estrategias y acciones específicas que combinen las mejores capacidades de los dos entornos involucrados.

El presente trabajo hace el recuento de un caso de desarrollo y transferencia de tecnología universitaria que a lo largo de más de una década ha acumulado y capitalizado capacidades de diversas instituciones y que se ha insertado en un contexto favorable, aunque oscilante, dentro del mercado ambiental mexicano con proyecciones a otros puntos de Latinoamérica.



En particular, el campo de la biotecnología ambiental ha representado un área de oportunidad para las instituciones referidas a lo largo de este trabajo, ya que se han acumulado capacidades importantes en infraestructura de laboratorios, recursos humanos y capacidad emprendedora.

### **EL FACTOR HUMANO: FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN**

Diversas perspectivas de análisis del cambio tecnológico coinciden inequívocamente en señalar al factor humano como elemento clave, sin cuyo papel central resulta inviable la introducción y consolidación de adaptaciones y mejoras técnicas o la generación y transferencia de nuevas tecnologías. El concepto de la tecnología intrínsecamente ligada al rol de los individuos, y no sólo a componentes de orden técnico o administrativo, es una noción con amplio reconocimiento en la actualidad.

Precisamente para el caso de proyectos de tecnología de origen universitario, la conformación de una masa crítica de individuos para llevar a cabo la investigación y desarrollo, en diversos campos del conocimiento, destaca como ingrediente característico dentro de la misión del sector académico y resulta, en definitiva, en una de las principales fortalezas sobre la cual se puede construir el éxito de un proyecto de vinculación.

La base del grupo universitario que se abocó a adaptar y desarrollar un *know-how* y una tecnología de tratamiento de aguas residuales por vía anaerobia, fue inicialmente formada en ingeniería ambiental a nivel de licenciatura, continuando con una etapa de educación de posgrado en Europa que concluyó hacia mediados de los 80. En esta última fase se estableció el interés por la línea de investigación alrededor del concepto UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*). Al mismo tiempo, se tuvo la primera experiencia concreta en cuanto al manejo de resultados de investigación aplicada, que resultó en el registro de una patente en Francia, a nombre de la institución anfitriona.

Durante 1986, el grupo de investigación inicial se estableció en la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa (UAM-I), con la colaboración estrecha de la agencia francesa de cooperación internacional (Orstom, ahora IRD). Posteriormente, se incorporó el Instituto de Ingeniería de la UNAM, lo cual vino a sumar un valioso elemento institucional de experiencia en materia de vinculación con el sector productivo y gubernamental.

Pese a que cada una de las instituciones de investigación involucradas (Orstom, UAM y UNAM) desarrollaron y mantienen hoy la línea de trabajo sobre tratamiento anaerobio de aguas residuales, desde un principio, el proyecto conducido en la UNAM adquirió una dinámica propia dirigida hacia la implantación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, apoyándose en el modelo que esta universidad venía impulsando alrededor del concepto de innovación tecnológica.

#### **EL PAPEL GUBERNAMENTAL EN LA REGULACIÓN**

Incorporándose a las tendencias internacionales hacia la preservación del ambiente, la legislación mexicana evolucionó con la promulgación de la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de 1988* y con la publicación del *Programa Nacional para la Protección del Medio Ambiente 1990-1994*. Sumado a este marco legal, en el campo específico del agua, la *Ley Federal de Derechos en Materia de Agua de 1991* vino a reflejar la postura gubernamental de establecer obligaciones legales para industrias públicas y privadas en el sentido de limitar la descarga de contaminantes de sus aguas residuales, fijando límites máximos permisibles y sancionando en diversos niveles a los infractores.

La emergente legislación ambiental en materia de agua, acompañada de la voluntad política para lograr su cumplimiento, contribuyó decisivamente al desarrollo de una demanda por servicios de consultoría en ingeniería ambiental.

Bajo estas circunstancias, la capacidad desarrollada en la UNAM, complementada con las capacidades de la UAM y el Orstom, se encontró ante una clara oportunidad para integrar un paquete de tecnología anaerobia y transferirlo en buenas condiciones a una o varias entidades consultoras.

En la práctica, el factor promotor de la legislación para fomentar un mercado de servicios tecnológicos ambientales ha tenido un comportamiento variable muy probablemente atribuible a los vaivenes en el entorno económico, algunos de ellos desfavorables, llevando a las empresas del país a responder irregularmente a la instrumentación de las medidas previstas en la legislación ambiental. Si bien la dimensión de la inversión requerida para montar la infraestructura ambiental en las empresas fue positiva hacia fines de los 80 y principios de los 90, a partir de 1995 se vio severamente afectada por la devaluación del peso mexicano (efecto tequila), repuntando ligeramente sólo hasta dos años después.

En cualquier caso, los proyectos de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología deben sopesar cuidadosamente la incidencia de la legislación relevante en la materia técnica involucrada, tanto en su temporalidad como en su amplitud de aplicación, ya que sus efectos pueden ser determinantes en la inhibición o estímulo de la demanda prevista para una opción técnicamente correcta.

### **EL CARÁCTER DE LA TECNOLOGÍA**

La digestión anaerobia es una vía de manejo de residuos orgánicos, líquidos o semisólidos, que presenta varias ventajas sobre otros procesos más convencionales. El no requerir energía externa para su realización, la producción limitada de lodos y la generación de metano, susceptible de ser aprovechado, le confieren un carácter sostenible a esta tecnología, atributo que cada vez será más apreciado en la construcción de un nuevo modelo de desarrollo (Noyola, 1995).

La tecnología anaerobia para el tratamiento de aguas residuales ha avanzado considerablemente en los últimos 20 años y se ha constituido como una opción técnicamente madura para el manejo de efluentes industriales. Los reactores anaerobios avanzados o de segunda generación fueron desarrollados al inicio de los 70, pero su aceptación generalizada se dio diez años más tarde. El salto tecnológico que superó las aplicaciones tradicionales (fosa séptica, tanque imhoff, laguna anaerobia) fue el concepto de biomasa o biopelícula fija, ya sea sobre soportes inertes o mediante la formación de aglomerados densos (granos) que se retienen por sedimentación. Con esto se logró desligar el tiempo de residencia celular del tiempo hidráulico, lo que permitió diseñar reactores con mucho menor volumen, incrementando además la estabilidad de la operación.

Entre las tecnologías anaerobias actualmente disponibles en el mercado, sin duda las basadas en el concepto del lecho de lodos granulares, desarrollados por Lettinga en los 70, son las más aplicadas. El concepto UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*) tiene ventaja sobre otras tecnologías anaerobias debido a que no requiere medio de soporte (como el filtro anaerobio) y al hecho de poder recibir altas cargas orgánicas (a diferencia del reactor de contacto anaerobio). Es así que este concepto es el más difundido en Europa y América Latina, incluido México (Pauss *et al.*, 1990; Borzacconi y López, 1994; Noyola y Monroy, 1994).

La aceptación de la tecnología anaerobia en México ha resultado difícil, ya que existen prejuicios y reticencias, algunos de ellos infundados, otros superados, pero que en un medio tradicional y poco innovador, como el de la ingeniería sanitaria mexicana, pesan aún mucho. En este contexto, el desarrollar y transferir una tecnología anaerobia nacional con credibilidad implica enfrentar problemas técnicos, pero también barreras de percepción e ignorancia por parte del usuario potencial.

## LA FUNCIÓN DE GESTIÓN TECNOLÓGICA

Un rasgo sobresaliente en la evolución del caso de incursión de tecnología universitaria en el mercado ambiental, lo constituye la gestión tecnológica del proyecto, función clave que la UNAM inició desde 1983 como un programa institucional y que para 1988 aportó asesoría especializada al proyecto de tecnología anaerobia.

Del valor atribuido a esta función de gestión tecnológica da buena cuenta la asistencia institucional que la organización francesa Orstom (ahora IRD) dispuso en una de las tecnologías desarrolladas en este proyecto, a través de la ANVAR, Agencia Francesa de Valorización de la Investigación, encargada del manejo de aspectos técnico-legales sobre la protección y licenciamiento de derechos tecnológicos así como de otros arreglos contractuales.

La contraparte universitaria en este renglón estuvo representada por el entonces Centro para la Innovación Tecnológica (CIT), dependencia de la UNAM forjada desde 1983 para el manejo especializado de los elementos de la administración o gestión tecnológica. Este Centro auxilió al grupo de investigación del Instituto de Ingeniería en los siguientes asuntos:

- Arreglos institucionales para conducir la investigación, desarrollo y la transferencia por parte de la UNAM, la UAM y el Orstom, considerando un punto de vista de generadores de la tecnología respectiva.
- Registro y trámite de propiedad industrial del dispositivo anaerobio y del proceso para la producción de lodos de inóculo.
- Conformación del paquete tecnológico de tratamiento de aguas residuales por vía anaerobia, contemplando los siguientes componentes:

Licenciamiento no exclusivo de patentes.

Licenciamiento de software.

Manual de diseño de ingeniería básica.

Guía para arranque e inoculación del reactor.

Licenciamiento exclusivo de marcas.

Capacitación y asesoría técnica.

- Contratos de transferencia con empresas usuarias de la tecnología, estableciendo los términos legales y de orden técnico que concretaron efectivamente la adquisición y asimilación del paquete tecnológico correspondiente.
- Definición de una política de licenciamiento *no exclusivo*, como decisión estratégica para no limitar la aplicación efectiva de la tecnología en un mercado potencial de amplias dimensiones y que no puede ser cubierto por una sola compañía.
- Mecanismos universitarios de retribución a investigadores (reglamento sobre ingresos extraordinarios por concepto de transferencia de tecnología).
- Suministro de información técnica especializada, particularmente de orden comercial y legal (patentes afines, estudios económicos, etc.).
- Definición de esquemas formales dentro del marco de la política universitaria para la creación de empresas de base tecnológica por parte del propio grupo de investigación.
- Mecanismos de incentivo al personal académico involucrado en vinculación (a través de la postulación y obtención de reconocimientos, premios, etc.).

Esta gama de acciones específicas alrededor del proyecto de investigación sobre tratamiento anaerobio de aguas residuales, le imprimió el carácter de tecnología al sistema de tratamiento en cuestión, concepto global que integra aspectos técnicos, legales y administrativos así como otros de orden humano (como, por ejemplo, la capacitación para la asimilación).

Destacan como resultado de la gestión tecnológica del proyecto, el manejo de la propiedad industrial condujo a la elaboración, trámite y concesión de las dos siguientes patentes mexicanas (Noyola, 1994; Noyola *et al.*, 1994):

- Patente de invención No. 172965 concedida en enero de 1994: "Reactor de flujo ascendente para el tratamiento de aguas residuales por vía anaerobia o anóxica".
- Patente de invención No. 173685 concedida en marzo de 1994: "Tecnología relativa al proceso de producción de lodos inóculos para reactor UASB".

Registro de Derecho de Autor © de tres programas de cómputo para el diseño y arranque de reactores UASB.

Asimismo, se registraron las siguientes marcas: BIODAAR® del 19 junio 1991 BIOIMA® del 16 de diciembre 1992, y BIO-DAN® del 22 octubre 1992. En esta ocasión las marcas referidas fueron licenciadas con un carácter exclusivo en virtud de que, por definición, una marca distingue un producto o servicio de otros semejantes, es decir, constituye una identificación de la calidad de los servicios provistos por la empresa licenciataria en particular.

#### **PERFIL DE LAS EMPRESAS LICENCIARIAS**

En este contexto, las compañías licenciatarias de la tecnología universitaria son, con excepción de una, muy pequeñas y de reciente creación. Para ellas, la tecnología anaerobia nacional constituye un producto diferente, relativamente nuevo en el mercado nacional, en donde la competencia directa es tecnología extranjera de costo significativamente mayor. Este hecho les permite situarse en el mercado ambiental mexicano, que con tecnologías convencionales difícilmente lograrían, dada la existencia de compañías nacionales con años de experiencia en el campo del tratamiento de aguas.

Otro punto que han capitalizado las empresas licenciatarias, aunque no todas, es el nombre y prestigio de la UNAM y en particular de su Instituto de Ingeniería, pues ello les brinda mayor credibilidad frente a sus clientes. Además, la ventaja que representa el soporte técnico en infraestructura y recursos humanos de la Universidad, ofrece un argumento de peso para convencer, ya que en caso de problemas no es necesario recurrir al extranjero para buscar la solución, con lo que se ahorra tiempo y dinero.

Por otro lado, la política de vinculación de la UNAM ha sido aprovechada por el grupo de investigación para formar una empresa de base tecnológica (IBTech S.A. de CV), mediante el programa que para tal efecto lleva el Sistema Incubador de Empresas Científicas y Tecnológicas (SIE-CyT-UNAM). Esta empresa además ha efectuado la donación de acciones al Instituto de Ingeniería-UNAM, libres de responsabilidad mercantil. Lo anterior constituye una nueva experiencia que deberá ser seguida y evaluada en su momento, dentro de la exploración de nuevas formas de vinculación del trabajo de investigación universitaria, que sean más ágiles, más efectivas y de mayor beneficio en general para la Universidad.

#### **EFFECTOS DE LA VINCULACIÓN EN EL MERCADO**

En un plano comercial, el desarrollo de una tecnología y oferta nacionales ha generado competencia entre los representantes de las compañías extranjeras (holandesas principalmente) y las firmas licenciatarias de la tecnología universitaria. Con ello, la oferta extranjera ha tenido que bajar sus precios, frente a ofertas nacionales más económicas, lo que ha favorecido al cliente y ha roto condiciones de monopolio y dependencia extranjera. Merece mención especial el hecho de que la tecnología ya se ha aplicado en el extranjero (Chile), situación que se logró como resultado de obtener un contrato a partir de un concurso convocado por el cliente, en donde



intervinieron las principales empresas proveedoras de esta tecnología en el mundo.

La Tabla 1 presenta el recuento de las plantas mexicanas de tratamiento de aguas residuales basadas en la biotecnología anaerobia que se reseña a lo largo del presente trabajo. Se señalan las plantas de tratamiento construidas y en operación hasta la fecha, sin mencionar aquellos casos en que está en curso la fase de construcción:

**Tabla 1.**  
**Plantas de tratamiento instaladas con tecnología anaerobia UNAM.**

Cliente/lugar	Agua residual	Volumen reactor (m <sup>3</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	Licenciataria	Año	Estado
UAM-I/D.F.	Municipal	50	150	Descontaminación	1990	Operando
Central de Malta/Puebla	Maltería	2.400	3.800	IMASA	1992	Operando
Centro Asturiano/Morelos	Doméstica	22	90	Energía y ecología	1992	Operando
Cervecería Cuauhtémoc/Toluca	Cervecera	4.800	9.072	IMASA	1993	Operando
Barcel/Toluca	Producción botanas	300	600	Energía y ecología	1993	Operando
Cervecería Cuauhtémoc - Navojoa	Cervecera	1.800	5.400	IMASA	1994	Operando
Liconsá/ Edo. de México	Rehidratación de leche	170	345	TACSA	1994	Operando
Huatecalco/Morelos	Municipal	105	420	Energía y ecología	1994	Operando
Las Quintas/Morelos	Doméstica	25	90	Energía y ecología	1994	Operando
La Parota/Morelos	Municipal	90	350	Energía y ecología	1994	Operando
Ticuman/Morelos	Municipal	340	270	Energía y ecología	1994	Adaptación
Acatlpa/Morelos	Municipal	130	520	FORZA	1995	Operando
Xcaret/Quintana Roo	Doméstica	50	150	ECORED	1996	Operando
Ricolino / SLP	Producción dulces	400	173	IBtech	1997	Operando

*(Continuación Tabla 1).*

Cliente/lugar	Agua residual	Volumen reactor (m <sup>3</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	Licenciataria	Año	Estado
Colotlipa/ Guerrero	Municipal	120	400	IBTech	1997	Construida
Quechultenango /Guerrero	Municipal	380	1.300	IBTech	1997	Operando
Tereftalatos Mexicanos /Cosoleacaque Veracruz	Ácido Tereftálico	17.000	5.520	IBTech	1997	Operando
Compañía Cervecerías Unidas/Temuco, Chile	Cervecera	1.300	3.500	IBTech	1999	Arranque

## CONCLUSIONES

La biotecnología, enfocada al control de la contaminación ambiental, presenta un amplio campo de aplicación futura en donde su impacto será cada vez más grande e integrado al modelo sostenible de desarrollo.

Dentro de este contexto, la demanda de plantas anaerobias es y será grande, por lo que se prevé un mercado competido pero suficientemente amplio para que toda firma de ingeniería competente, nacional o extranjera, logre ubicarse en él.

En el mercado ambiental mexicano, los grupos universitarios de investigación tienen la oportunidad de jugar un papel importante, tanto en el apoyo técnico, el desarrollo y adaptación de tecnologías, como en la formación de recursos humanos capacitados en las nuevas aplicaciones. El caso presentado demuestra lo anterior y prevé nuevas experiencias exitosas, tanto en México como en el extranjero, en un campo de oportunidades como es este mercado.

La unión y coordinación de los grupos de investigación nacionales se identifica como una necesidad prioritaria para incrementar la capacidad tecnológica nacional en materia am-

biental, con participación decidida, en recursos económicos y en riesgo, del sector productivo.

En resumen, los factores que favorecieron el relativamente rápido proceso de desarrollo, transferencia y aplicación industrial de la tecnología anaerobia fueron (Noyola y Monroy, 1994):

- Mercado amplio, donde gran parte de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales estaba por construirse.
- Capacidad de investigación y desarrollo de la tecnología en México.
- Firmas de ingeniería, nacionales y extranjeras, capaces de llevar exitosamente proyectos de tratamiento anaerobio, lo que redujo las reticencias de los clientes.
- Política de licenciamiento de derechos sobre patentes sin exclusividad.

## REFERENCIAS

- Borzacconi L. y López Y. (1994). "Revelamiento de reactores anaerobios en América Latina", en *Tratamiento anaerobio*, Viñas M., Soubes M., Borzacconi L. y Muxi L., eds., Universidad de la República, Uruguay, 263-279.
- Noyola A. (1995). "El tratamiento anaerobio de aguas residuales como tecnología sustentable", en *Memorias Segundo Minisimposio Internacional sobre Remoción de Contaminantes de Aguas y Suelos*, UNAM, México, 106-109.
- y Monroy O. (1994). "Experiencias y perspectivas del tratamiento anaerobio en México", en *Tratamiento anaerobio*, Viñas M., Soubes Borzacconi L. y Muxi L., eds., Universidad de la República, Uruguay, 263-279.
- (1994). Patente mexicana 173685 para UNAM-UAM.
- , Moreno G., Monroy O. y Guyot J.P. (1994). Patente mexicana 173685 para UNAM-UAM-Orstom (1994).
- Paus A., Depaepe D. y Nyns E.J. (1990). "Review of AD Plants in Europe", en *Anaerobic Digestion: Workshop*, Department of Trade and Industry, Inglaterra, 11-16.

## BIOMARCADORES MOLECULARES PARA EVALUAR EL RIESGO POR EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES AMBIENTALES

LIONEL GIL, LUIS QUIÑONES, MARTA ADONIS\*

\* Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Independencia 1027.  
P.O. Box 70086 Santiago. Teléfono 562 6786068, Fax: 562 7356373.  
Email: [lgil@machi.med.uchile.cl](mailto:lgil@machi.med.uchile.cl)

Diversos estudios realizados en países industrializados han sugerido que agentes químicos presentes en el aire contaminado de las grandes ciudades podrían tener un papel significativo en la incidencia de diversas enfermedades del tracto respiratorio, incluidos algunos tipos de cánceres humanos (Gil *et al.*, 1991a). La composición química de la mezcla de contaminantes del aire en zonas urbanas puede variar dependiendo de las emisiones, de la ventilación natural, de las condiciones meteorológicas y de reacciones fotoquímicas.

El aire que se respira en grandes ciudades como Santiago contiene cientos de agentes químicos. Las redes de monitoreo, generalmente, determinan gases (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y ozono) y material particulado (PTS, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>). Estos contaminantes se denominan *regulados* porque existen para ellos normas de calidad de aire. Sin embargo, también está presente una gran cantidad de compuestos que no se han identificado para los cuales no existen normas (no regulados) y se desconocen sus niveles. Aunque algunos de éstos se pueden encontrar en concentraciones muy pequeñas, pueden ser muy tóxicos y presentar un gran riesgo para la salud humana (Gil *et al.*, 1991b).

La exposición a contaminantes ambientales produce una serie de eventos que pueden resultar en el desarrollo de una enfermedad. El primero es la exposición externa, luego los contaminantes son absorbidos por diferentes vías (vía respi-

ratoria, oral, piel, etc.) generando una dosis interna. Ésta permite alcanzar una concentración en el sitio de acción que producirá un efecto adverso reversible o irreversible, que puede producir la manifestación clínica de una enfermedad.

En general, los efectos en salud de la contaminación del aire están relacionados con la concentración de los contaminantes y el tiempo de exposición. Los efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la salud humana se pueden clasificar en:

a. *Efectos agudos*. Producidos por la exposición de elevadas concentraciones de contaminantes por períodos cortos. Éstos incluyen irritación de las mucosas, conjuntivitis, faringitis, laringitis y bronquitis. Además de aumento de infecciones de las vías respiratorias y neumonías, incremento de la frecuencia e intensidad de las crisis asmáticas, y aumento de los síntomas en enfermos de bronquitis crónica, enfisema pulmonar y cardiopatías coronarias. También se puede presentar debilitamiento de los mecanismos de defensa del aparato respiratorio.

b. *Efectos crónicos*. Debido a la acción de concentraciones variables de contaminantes por largos períodos. Se caracterizan por aumento de la incidencia y gravedad de: asma bronquial, bronquitis crónica obstructiva y enfisema pulmonar.

c. *Efectos diferidos*. Se presentan por la exposición prolongada y los efectos pueden expresarse después de un período de muchos años de exposición, independientemente si la exposición continúa o ha cesado.

d. *Efectos psíquicos*. Se caracterizan por irritabilidad, fatiga corporal y mental, desórdenes sensoriales.

Los efectos diferidos de los contaminantes atmosféricos en la salud humana son de gran relevancia, ya que generalmente son irreversibles y es muy difícil detectarlos prematura-

mente. Ocurren por interacción de los contaminantes a nivel del material genético, e incluyen los procesos de modificación del material genético (mutagénesis) y la producción de neoplasmas (carcinogénesis) (Gil y Adonis, 1996).

El ser humano está constituido por 60 trillones de células que en su núcleo contienen 23 pares de cromosomas, cada uno de los cuales tiene miles de genes que determinan la herencia. Toda la información genética está almacenada en el DNA, macromolécula que tiene estructura de doble hélice; la secuencia de 4 bases nitrogenadas en las hebras del DNA determinan cada uno de nuestros caracteres.

Los agentes químicos que producen efectos irreversibles se unen al DNA mediante enlaces químicos (enlaces covalentes) muy fuertes que, generalmente, escapan a los mecanismos de reparación del organismo.

Se estima que sobre el 80% de los diferentes tipos de cáncer son producidos por agentes químicos, lo que revela la importancia de los factores ambientales en la incidencia de esta enfermedad.

La mayor parte de los cánceres resultan de una mezcla de interacciones complejas entre diversos factores ambientales y factores del huésped. Entre estos últimos se clasifican aquellos elementos presentes en el individuo que influyen en el riesgo de desarrollar un cáncer. Los factores del huésped más importantes incluyen la edad, el sexo, factores hormonales, nutricionales, e inmunológicos, la exposición previa a carcinógenos ambientales, el metabolismo de los carcinógenos, la reparación del DNA, la proliferación celular, los oncogenes y los genes supresores de tumores, etc.

La carcinogénesis es un proceso de múltiples etapas que se desarrolla durante un período muy largo de la vida del individuo, es dependiente de la dosis, mientras mayor es la ex-

posición más grande es el riesgo de la incidencia de tumores y más corto su período de aparición. Según la Organización Mundial de la Salud, no existe una dosis umbral bajo la cual la exposición a un carcinógeno no representa riesgo para la salud humana.

La transformación de una célula normal hasta un tumor maligno y una enfermedad clínica es un proceso que ocurre en cuatro etapas, que se denominan: iniciación, promoción, conversión y progresión (Figura 1).

**Iniciación.** Esta etapa corresponde a efectos directos y cambios irreversibles en el DNA celular, inducidos por agentes químicos denominados "iniciadores", e implica la unión de un agente cancerígeno al DNA. Esto provoca un daño que generalmente escapa a los mecanismos de reparación que posee el organismo y que produce modificaciones en la información genética. Las evidencias de que ha ocurrido una lesión son: a) formación de aductos (enlace químico que se produce entre el DNA y el agente químico), b) mutaciones, c) expresión alterada de genes.

**Promoción.** La segunda etapa es la de promoción, donde las células iniciadas se reproducen selectivamente y se expanden clonalmente en tumores benignos o células preneoplásicas. Éste es un proceso gradual que requiere una exposición prolongada y ocupa la mayor parte el período de latencia, es parcialmente irreversible y no requiere un evento genético. El período de latencia puede ser muy largo (5-30 años).

**Conversión.** Constituye el proceso de conversión de un tumor benigno a uno maligno. Esta etapa puede ser un evento muy temprano y requiere uno o más eventos genéticos (p. ej., activación de protooncogenes y/o inactivación de genes supresores de tumores).

**Progresión.** Es el crecimiento y progresión del tumor para transformarse en tumores clínicamente detectables. Requiere proliferación celular e incluye la metástasis a otros órganos.

Hay dos tipos de genes muy importantes en la propagación de la lesión:

- a. *Protooncogenes.* Son genes celulares normales que se activan por la presencia de un carcinógeno y se transforman en un oncogen que desregula el crecimiento y la diferenciación celular, promoviendo el desarrollo neoplásico e incrementando el crecimiento del tumor.
- b. *Genes supresores de tumores.* Genes que suprimen la proliferación celular y, por lo tanto, el crecimiento del tumor, son considerados genes anticáncer. La pérdida de la función de un gen supresor de tumores producida por un cambio genético, resulta en un crecimiento celular no regulado y en un incremento en la probabilidad de una transformación neoplásica.

## BIOMARCADORES

Un marcador biológico es una alteración celular, inducida por un agente químico extraño al organismo, que ocurre en componentes, procesos, funciones, o estructuras y que se puede determinar en un sistema o en una muestra biológica. Representa eventos o cambios en sistemas biológicos como resultado de una exposición o una enfermedad.

**Biomarcadores de exposición.** Son xenobióticos (sustancias extrañas al organismo) o sus metabolitos, o el producto de la interacción de un xenobiótico con una molécula blanco o célula, el cual es medido dentro de un compartimento de un organismo. En general, los biomarcadores de exposición se usan para predecir la dosis recibida por un individuo, la cual se puede relacionar a los cambios que resultan en una enfermedad.



**Biomarcadores moleculares.** Permiten estudiar la secuencia de cambios de células normales a malignas y ayudan a identificar los roles que juegan en el proceso de transformación los factores ambientales y genéticos.

Los biomarcadores se clasifican en:

- a. *Biomarcadores de dosis interna.* Se refieren a agentes tóxicos que ya han sido absorbidos y distribuidos y que se determinan como el compuesto sin modificar o como un metabolito producto de su biotransformación. Por ejemplo, la exposición a humo de cigarrillo se puede determinar por la nicotina absorbida o por uno de sus metabolitos interno, la cotinina.
- b. *Biomarcadores de dosis biológica efectiva.* Se refiere a la concentración en el sitio de acción que produce el daño toxicológico. El enlace que se produce entre el agente tóxico y el DNA se denomina "aducto". La determinación del aducto ayuda a identificar la estructura del agente químico responsable de la modificación genética. Por ejemplo, los hidrocarburos policíclicos aromáticos son biotransformados a nivel celular para producir el carcinógeno final que es el metabolito que forma el aducto con el DNA.
- c. *Biomarcadores de efectos biológicos tempranos.* Por ejemplo, mutaciones que se pueden detectar antes que se produzca el tumor y que permiten detectar cambios irreversibles que pueden producir daños estructurales.
- d. *Biomarcadores de estructura y función alterada.* Por ejemplo, pueden haber alteraciones en la inactivación o desregulación de un gen o de una proteína como resultado de un efecto biológico o mutaciones que pueden activar genes supresores de tumores.
- e. *Biomarcadores de susceptibilidad.* Permiten determinar individuos susceptibles a un evento genético, como, por ejem-

plo, mutaciones que ocurren en genes relacionados con la biotransformación de carcinógenos.

Avances en técnicas de biología molecular y celular han permitido realizar estudios que sugieren una participación genética en el desarrollo del cáncer pulmonar y otros tipos de cánceres. Se estima que al menos 400 genes pueden estar relacionados con la susceptibilidad individual a carcinogénesis por agentes químicos. Entre éstos los más estudiados son: a) los genes que codifican para las enzimas que participan en las vías metabólicas de agentes carcinogénicos, b) genes que participan en el proceso de reparación de DNA, c) genes supresores de tumores y d) oncogenes que regulan el crecimiento y la diferenciación celular.

Diversos genes codifican para la producción de enzimas de biotransformación de agentes carcinogénicos. Estas enzimas pueden participar en la activación de precarcinógenos para producir el carcinógeno final (monooxigenasas citocromo P-450, p. ej., CYP1A1), así como también en la eliminación del carcinógeno final, antes que éste alcance el sitio de acción (enzimas de conjugación, p. ej., glutatión transferasas).

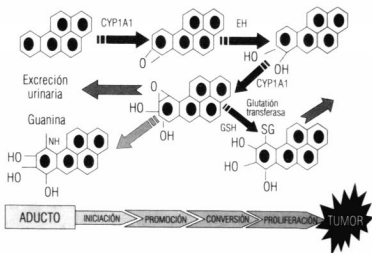
Se ha sugerido que genes que codifican para las enzimas P-450, que activan procarcinógenos y para glutatión transferasas, que inactivan el carcinógeno final, podrían jugar un papel importante en la susceptibilidad individual a carcinógenos químicos, especialmente hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs).

Los HAPs se producen en la combustión incompleta de diversos tipos de combustibles, tales como gasolina, petróleo, parafina, gas líquido, gas natural, leña, carbón, etc. Se emiten de fuentes fijas (chimeneas industriales, de edificios, etc.) y de fuentes móviles (todo tipo de vehículos). Están presentes en el humo del cigarro y en alimentos ahumados y pueden ser abundantes en el aire contaminado de zonas urbanas.

Los HAPs se denominan "carcinógenos indirectos", ya que para desarrollar su actividad carcinogénica deben ser bio-transformados en el organismo por la enzima CYP 1A1, en dioles epóxidos que son los carcinógenos finales, los cuales se unen al DNA y producen una mutación. Los dioles epóxidos pueden ser inactivados antes de alcanzar el sitio de acción por las glutatión transferasas (Figura 1).

En el medio ambiente se encuentran, además de cancerígenos indirectos, otros cancerígenos que no requieren activación y que se denominan "cancerígenos directos"; entre éstos se incluyen los nitroarenos, derivados de los HAPs.

**Figura 1.**  
Interrelaciones metabólicas entre enzimas de biotransformación que participan en el metabolismo de benzo(a)pireno y su asociación con cáncer.

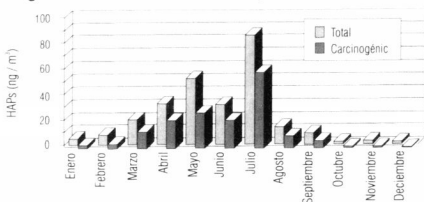


## HIDROCARBUROS AROMÁTICOS EN EL MATERIAL PARTICULADO DEL AIRE DE SANTIAGO

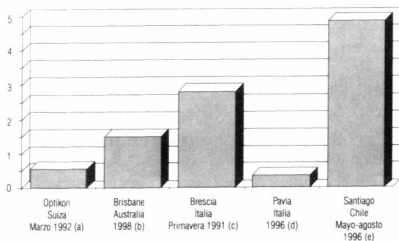
Nuestro grupo ha estado investigando en el material particulado del aire de Santiago el contenido de HAPs (Gil y Adonis, 1995a, b, Gil y Adonis, 1996, Gil *et al.*, 1997), los cuales a nuestro juicio presentan un importante riesgo para la salud humana, ya que algunos de estos compuestos han sido clasificados como cancerígenos por la Organización Mundial de la Salud.

Hemos identificado y cuantificado en el material particulado del aire de Santiago 16 HAPs de los cuales 6 han sido descritos como cancerígenos por la OMS: benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, di-benzo(a,h)antraceno, e indeno(c,d)pireno. Las concentraciones de HAPs son más elevadas en los meses de invierno; sin embargo, las concentraciones en los meses de primavera y verano aunque menores también pueden ser consideradas como altas (Figura 2).

**Figura 2.**  
Variación estacional para hidrocarburos aromáticos policíclicos totales y carcinogénicos adsorbidos en material particulado respirable.



**Figura 3.**  
Concentraciones de benzo(a)pireno en material particulado respirable obtenidas en Santiago y en algunas ciudades de Europa.



**Fuente:** (a) Petry *et al.*, 1996; (b) Müller *et al.*, 1998; (c) Monarca *et al.*, 1997; (d) Minoia *et al.*, 1997; (e) This study.

Las muestras fueron colectadas diariamente en el centro de Santiago de Chile y analizadas por cromatografía líquida.

Los niveles de estos HAPs obtenidos en Santiago han disminuido notablemente en los últimos años como resultado de las medidas aplicadas para disminuir las emisiones tóxicas; sin embargo, aún son superiores a los encontrados en estudios similares realizados en ciudades de Europa y Estados Unidos (Figura 3).

### BIOMARCADORES DE EXPOSICIÓN

Los ensayos para determinar la actividad carcinogénica de un agente químico o de mezclas de contaminantes se hacen en diversas especies animales por períodos muy largos de tiempo (meses o años) y son de alto costo. Debido a que más del 90% de los agentes cancerígenos son también mutagénicos, se han desarrollado métodos rápidos y de menor costo. Entre éstos destaca el *test de Ames* que utiliza ensayos microbiológicos para determinar la mutagenicidad en bacterias, de un agente químico o de una mezcla y de esa manera obtener una estimación sobre su posible actividad carcinogénica.

La toxicidad del material particulado del aire de Santiago se ha estudiado mediante el *test de Ames* con diferentes cepas de la bacteria *Salmonella thyphimurium*. Como la bacteria carece de las enzimas que activan a los HAPs, los ensayos se realizan adicionando al medio de incubación enzimas obtenidas de hígado de ratas (S9). Las muestras ensayadas con extractos orgánicos del material particulado del aire de Santiago han demostrado ser altamente mutagénicas. Los resultados indican que en Santiago existen agentes mutagénicos indirectos (aquellos que necesitan ser activados como los HAPs) y agentes mutagénicos directos, es decir, que no requieren ser previamente activados (Adonis y Gil, 1993; Gil y Adonis, 1995a; Gil y Adonis, 1996, Adonis y Gil, 2000; Gil y Adonis, 2000). Estos últimos representan un mayor riesgo

para la salud humana por cuanto producirán mutaciones independientemente si funciona o no el sistema de activación. Entre los mutágenos directos se encuentran los nitroarenos, que son producidos en la combustión de los motores Diesel y en reacciones fotoquímicas atmosféricas.

Con el objeto de demostrar que la toxicidad puede no tener relación con la concentración de partículas sino más bien con las fuentes emisoras, se determinó la actividad mutagénica directa e indirecta de extractos del material particulado del aire PM5 obtenido en calle Bandera y en una zona rural Curacaví (Gil *et al.*, 1997). El experimento fue realizado en ambos lugares a una concentración similar de partículas ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Tabla 1.**

**Respuesta mutagénica inducida en la cepa TA 98 de *Salmonella thyphimurium* por extractos orgánicos de fracción respirable PM5 colectados en calle Bandera de Santiago y Curacaví.**

Lugar	n	Revertantes/ $\text{m}^3$	
		+S9 *	-S9 **
Bandera(a)	14	2.125	2.812
Curacaví(b)	6	536	88

+S9 a/b:  $p < 0.01$ ; S9 a/b:  $p < 0.01$ .

\* +S9= En presencia de fracción activante de hígado de rata

\*\* -S9= En ausencia de fracción activante de hígado de rata

Concentraciones de PM5 en calle Bandera y Curacaví =  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$

La Tabla 1 muestra que a la misma concentración de partículas, en presencia de fracción activante (+S9) la mutagenicidad es casi 4 veces más alta en calle Bandera que en Curacaví (mutagenicidad indirecta, explicada por la presencia de hidrocarburos policíclicos aromáticos). Si el experimento se hace en ausencia de fracción activante (-S9), la mutagenicidad de calle Bandera es casi 30 veces superior (mutagenicidad explicada por mutágenos directos producidos principalmente en la combustión de motores Diesel o por reacciones de hidrocarburos en condiciones atmosféricas normales con óxidos de nitrógenos). Esto demuestra que con la misma con-

centración de partículas, la mutagenicidad (efecto tóxico) es mucho mayor en la calle Bandera, donde hay emisiones vehiculares altamente tóxicas que en una zona rural. Este experimento también muestra claramente la inconveniencia de realizar, como se ha propuesto, transacciones de emisiones de material particulado basadas solamente en métodos gravimétricos (peso) y sin considerar la toxicidad de las emisiones.

Éste es un ejemplo que ilustra la conveniencia de usar biomarcadores para cuantificar la calidad del aire. En este sentido, el uso de bacterias en el laboratorio es una herramienta que proporciona información de gran utilidad para la toma de decisiones.

La pregunta que surge de estos resultados es: ¿Pueden ocurrir estas mutaciones en células humanas? En colaboración con un laboratorio estadounidense hemos medido en linfoblastos humanos una mutación en una de las enzimas que tiene que ver en la síntesis de DNA. Al comparar el número de mutaciones producidas por benzo(a)pireno puro y extractos del material particulado del aire de Santiago, aunque la concentración de benzo(a)pireno en el extracto era 1.000 veces menor que la utilizada para producir el efecto con benzo(a)pireno puro se obtuvieron mutaciones que indicarían una potenciación de 300 veces del efecto mutagénico del extracto del material particulado (Adonis y Gil, 2000).

Otros estudios en los cuales se han usado linfocitos humanos en cultivo con extractos del material particulado del aire de Santiago nos permitan concluir que los extractos contienen contaminantes que producen aberraciones cromosómicas (Silva *et al.*, 1992)

#### **BIOMARCADORES DE ESTRUCTURA Y FUNCIÓN ALTERADA**

Además hemos desarrollado estudios que indican que la inyección a ratas de extractos del material particulado del aire

de Santiago producen un incremento en la actividad de las enzimas que activan agentes procancerígenos a cancerígenos; por lo tanto, aumentando la producción del carcinógeno final (Quiñones y Gil, 1995, Adonis *et al.*, 1997).

### BIOMARCADORES DE SUSCEPTIBILIDAD

Como se ha señalado, el benzo(a)pireno es transformado a través de un sistema enzimático (sistema de monooxigenasas) en el carcinógeno final que se une al DNA. Una de las enzimas de este sistema que activa HAPs es la enzima citocromo P-450, CYP1A1. El carcinógeno final puede también ser inactivado por otra enzima que se denomina "glutación transferasa" (GST), que facilita su excreción antes que interactúen con el DNA. La presencia de mutaciones (p. ej., MSP1) en el gen que produce CYP 1A1 incrementa la cantidad de enzima y, por lo tanto, aumenta la producción del agente carcinógeno y la probabilidad de inducir una mutación.

Se ha descrito una mutación en la GST que hace que el gen no produzca la enzima (gen nulo). Una mutación que permite que esa enzima no se exprese, no pueda eliminar el carcinógeno final y, por lo tanto, implica un riesgo mayor. Por consiguiente, la presencia de mutaciones en enzimas que activan o que desactivan puede determinar el riesgo individual.

Investigaciones recientes, realizadas en conjunto con investigadores de la Universidad de Brest en Francia, nos han permitido detectar en linfocitos humanos de personas chilenas y francesas normales la presencia de mutaciones en las enzimas CYP1A1 que activan procarcinógenos y en la glutación transferasa (GSTM1). La Tabla 2 muestra que la frecuencia de mutaciones en MSP1 es 2,9 veces mayor en los chilenos que en los franceses. En cambio, el gen nulo para la GSTM1 es 22 veces mayor en los franceses que en los chilenos (Quiñones *et al.*, 1999). Teniendo en cuenta que la presencia de estas dos mutaciones ha sido asociada a cáncer, estos resulta-



dos sugieren una diferencia en susceptibilidad en estas dos etnias.

**Tabla 2.**

**Frecuencias génicas de mutaciones en enzimas de biotransformación en poblaciones sanas de Chile y Francia.**

País	n	Msp1	n	GSTM1	Frecuencias Génicas	
					MSP1	GSTM1
Chile	78	m1m1= 46	86	+ = 68	m1 = 0,769	+ = 0,791
		m1m2= 28		- = 18	m2 = 0,231	- = 0,209
		m2m2= 4				
Francia	260	m1m1= 212	50	+ = 26	m1 = 0,913	+ = 0,520
		m1m2= 38		- = 24	m2 = 0,08*	- = 0,480*
		m2m2= 3				

MSP1, sitio de restricción en CYP1 A1. GSTM1(-) gen nulo

n = número de individuos analizados

\* p<001

MSP1, sitio de restricción en CYP1 A1. GSTM1(-) gen nulo

n = número de individuos analizados

\* p<001

Estos resultados son preliminares y no nos permiten sacar conclusiones definitivas respecto a la frecuencia de estas mutaciones en la población chilena; sin embargo, ilustran cómo biomarcadores de riesgo pueden ser útiles para identificar dentro de una población aquellas personas que por su condición genética pueden ser más susceptibles a la exposición a cancerígenos, ya que pueden tener mutaciones en enzimas que los activan o desactivan.

En general, es muy difícil evaluar con certeza el riesgo que presenta para la salud humana la exposición a contaminantes atmosféricos. No se puede extrapolar al género humano resultados obtenidos con otras especies, dado que pueden existir diferencias en los sistemas metabólicos y en los sistemas de reparación del DNA.

Este tipo de estudios requiere, además, establecer con precisión la biodisponibilidad de los agentes tóxicos adsorbidos

en el material particulado, así como los posibles efectos antagónicos o sinergistas que se puedan presentar entre los diferentes componentes químicos de los extractos.

Sin embargo, nuestros resultados indican que el material particulado del aire de Santiago contiene elevadas concentraciones de HAPs. Algunos de estos compuestos han sido descritos como cancerígenos por la OMS y otros no cancerígenos podrían reaccionar en condiciones atmosféricas para formar nitroarenos cancerígenos. El material particulado es además altamente mutagénico en bacterias y provoca aberraciones cromosómicas y mutaciones en células humanas en cultivo.

Aunque también es difícil precisar con certeza el riesgo de la población, debido a que el daño en el material genético incrementa con la concentración y con el tiempo de exposición, la permanente exposición a altas concentraciones de agentes cancerígenos y mutagénicos aumenta la probabilidad de mutaciones a nivel celular.

Como estos efectos en las células son acumulativos, sólo en el largo plazo se puede evaluar el daño real que provocan los contaminantes de alta toxicidad que se respiran diariamente en Santiago.

La diversidad de fuentes, los tipos de combustibles, las tecnologías usadas, las condiciones atmosféricas y las reacciones fotoquímicas que ocurren en la atmósfera, determinan que la composición de los contaminantes y la toxicidad del material particulado del aire varíe en diferentes ciudades. También puede variar la respuesta de la población a los efectos tóxicos de los contaminantes. Esto demuestra claramente la importancia de realizar investigación científica en Latinoamérica sobre problemas ambientales. Resultados obtenidos en países desarrollados en otras condiciones no necesariamente son aplicables a nuestras realidades.

Las políticas científicas de los países desarrollados están orientadas a resolver los problemas que son de su propio interés. Para ello crean fuentes de financiamiento donde quedan claramente establecidas las prioridades de investigación y cuáles son los problemas que se quiere resolver. En esas condiciones, los investigadores concursan por la obtención de los fondos y orientan sus investigaciones a las necesidades locales. Por ejemplo, Estados Unidos en los últimos años ha destinado millones de dólares para investigaciones en material particulado fino PM<sub>2.5</sub>. La información que se obtenga de estas investigaciones permitirá evaluar la norma de 24 horas para PM<sub>2.5</sub> de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que se ha establecido recientemente y para la cual no existe la información científica suficiente (Gil *et al.*, 1997).

Latinoamérica debe crear fondos de investigación ambiental nacionales y regionales, a los cuales puedan concurrir investigadores de todas las disciplinas relacionadas con el medio ambiente, para trabajar en equipos multidisciplinarios que colaboren internacionalmente con otros países de la región. Las prioridades de investigación de estos fondos deberían ser determinadas por representantes de los gobiernos, del sector privado y del sector académico y deben estar orientadas no sólo a resolver nuestros problemas ambientales, sino también a investigar los posibles impactos en el medio ambiente de los productos que exportamos, ya que es probable que se establezcan barreras aduaneras basadas en posibles problemas ambientales (que no han sido investigados), lo cual podría afectar gravemente nuestras exportaciones. Un ejemplo es el caso del cobre, sobre el cual se han sugerido efectos en salud que no han sido demostrados, pero que podrían servir para justificar barreras en nombre de la protección de la salud población.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Esta investigación ha sido financiada por Grants N E 088-97 del DID, Universidad de Chile; Comunidad Europea INCO No. 972631y Fondecyt No. 1000628

## REFERENCIAS

- Adonis M., and Gil L. (1993). "Mutagenicity of organic extracts from Santiago (Chile) airborne particulate matter". *Mutation Research*, 292: 51-61.
- , Quiñones L., Gil L. and Gibson G (1997). "Hepatic Enzyme Induction and Mutagenicity of Airborne Particulate Matter from Santiago, Chile in Nourished and Malnourished Rats". *Xenobiótica*. 27(5), 527- 536.
- Adonis, M., and Gil L. (2000). "Polycyclic aromatic hydrocarbons and mutagenic activity in bacteria and human cells in culture of organic extracts from Santiago, Chile, respirable and total suspended particulate matter ". *In press Inhalation Toxicology*.
- Gil L., Adonis M., Silva M., Quiñones L. and Salazar I. (1991a). "Riesgos para la salud humana por la exposición a contaminantes de alta toxicidad en el aire de Santiago". *Ambiente y Desarrollo*, vol. 7: 64-70.
- , Vásquez H. and Quiñones L. (1991b). "Genotoxicidad de extractos orgánicos obtenidos del material particulado del aire de Santiago de Chile". *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, vol. 7, N1/4 4: 216-222.
- Gil L. y Adonis M. (1995). "Contaminación atmosférica efectos en la salud humana". *Cuadernos, Médicos Sociales XXXVI*, 4, pp. 9-15. ISSN 0716-1336.
- , Cáceres D., Moreno G. (1995a). "Influencia de la contaminación atmosférica en la calidad del aire de interiores. El caso de Santiago (Chile)". *Revista Médica de Chile* 123: 411-425.
- . (1995b). "Air pollution in Santiago of Chile: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons levels and mutagenic activities of organic extracts from airborne particles". *In Organic Volatil Compounds in the Environment*. R. Perry and J.J. Knight, eds., pp. 139-154, ISBN 3-906470-05-9.
- . (1996). "Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Levels and Mutagenic Activities of Organic Extracts from Airborne Particles in Santiago de Chile". *Indoor + Built Environment* 5: 155-164.
- y Quiñones L. (1997). "Nuevas normas para material particulado en Estados Unidos. Lecciones y oportunidades para Chile". *Noticiero de Biología*, vol. 5 (3): 20-24.
- Gil L., King L. and Adonis M. (2000). "Trends of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Levels and Mutagenicity in Santiago's respirable

airborne particles in the Period 1992-1996". *In press Inhalation Toxicology*.

— Minoia C., Magnaghi S., Micoli G., Fiorentino M.L., Turci R., Angeleri S. and Berri A. (1997). "Determination of environmental reference concentration of six PAHs in urban areas (Pavia, Italy)". *Sci. Total Environ.*, 198(1): 33-41.

— Monarca S., Crebelli R., Feretti D., Zanardini A., Fuselli S., Filini L., Resola S., Bonardelli PG and Nardi G. (1997). "Mutagens and carcinogens in size classified air particulates of a northern Italian town". *Sci. Total Environ.* 205(2-3): 137-44.

— Müller J.F., Hawker D.W. and Connell D.W. (1998). "Polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmospheric environment of Brisbane, Australia". *Chemosphere*, 37(7): 1369-1383.

— Petry T., Schmid P. and Schlatter C. (1996). "The use of toxic equivalency factors in assessing occupational and environmental health risk associated with exposure to airborne mixture of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)". *Chemosphere*, 32(4): 639-48.

— Quiñones-Sepúlveda L. and Gil L. (1995). "Induction of rat hepatic cytochrome P-450 IA1 isoenzyme by organic extracts from airborne particulate matter". *Xenobiótica* 25: 81-89.

— , Berthou F., Varela N., Simon B., Gil L. and Lucas D. (1999). "Ethnic susceptibility to lung cancer: Differences in CYP2E1, CYP1A1 and GSTM1 genetic polymorphisms between French caucasian and Chilean populations". *Cancer Letter* 141, 167, 171.

— Silva M., Daher V., Adonis M. y Gil L. (1992). "Daño cromosómico en el cariotipo humano provocado por agentes carcinogénicos del aire de Santiago". *Revista Chilena de Cancerología*, vol. 2: 31-35.

## INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO, SUCROMILES S.A.

JOSÉ GNECCO MANCHENO\*

\* Sucromiles, Investigación y Desarrollo.  
Recta Cali-Palmira km 19. Palmira, Valle.  
Email: [ggnecco@sucromiles.com.co](mailto:ggnecco@sucromiles.com.co)

Sucromiles S.A. es una empresa localizada en la ciudad de Palmira en el Departamento del Valle del Cauca en Colombia, Sudamérica. Por medio de cuatro fermentaciones y varias reacciones químicas, transforma la melaza y el azúcar de caña en productos que sirven como materia prima para otras industrias del sector químico y de alimentos.

A partir de azúcar produce ácido cítrico, yeso, micelio, citrato de calcio, citrotex y citrato de sodio. A partir de melaza genera alcohol etílico, potable e industrial, ácido acético, vinagre, gas carbónico, acetatos de etilo, butilo, isobutilo, amilo, levadura, carbonato de calcio y yeso agrícola.

Alrededor de un 30% de las ventas se realizan a mercados externos, principalmente del Grupo Andino y la Cuenca del Caribe. La Compañía es una sociedad conformada por el Grupo Tate & Lyle de Inglaterra y el Grupo Ardila Lülle de Colombia.

La tecnología de las fermentaciones que usa Sucromiles ha sido importada de casas especializadas que la han entregado en distintas modalidades de contratación: pago de regalías y contrataciones con pago por una sola vez. Sucromiles recibe apoyo tecnológico de dichas empresas en los momentos que ha requerido. En ácido cítrico tiene un convenio de regalías con la casa matriz que provee permanentemente cepas y asesoría técnica.

De las 3 plantas que conforman Sucromiles (ácido cítrico, alcoquímica y planta de conservación ambiental) se generan

varios subproductos sólidos y líquidos que le han permitido desarrollar un proyecto de integración de los mismos para generar un acondicionador de terrenos para el mercado agrícola mediante un proceso de compostaje de los mismos.

Este último proyecto se inició en 1998 y durante este año se trabajó a nivel piloto con volúmenes de compostaje de 3 m<sup>3</sup>. Durante 1999 se trabajó a escala real en una planta con capacidad para 1 ton/día, acopiando información de costos de operación e inversiones. Para el desarrollo de este proyecto Sucromiles se asoció con otra empresa que ha venido trabajando en la producción de fertilizantes, enmiendas y acondicionadores de terrenos por más de 10 años en el Departamento de Antioquia, denominada Bioorgánicos S.A. y con quien ha establecido un convenio comercial en el que Sucromiles se dedica a la producción y Bioorgánicos a la comercialización y venta del producto.

Durante el año 2000 el proyecto se encuentra en la fase de exploración de mercados, dirigiendo sus esfuerzos a cultivos regionales de hortalizas, frutas, pastos y caña. En este proyecto, la tecnología usada de volteo mecánico ha sido tradicional y disponible en forma pública. Los factores de éxito de este tipo de proyectos son el volumen y los bajos costos de producción asociados a un nivel de calidad alto y certificable. Se espera que si el proyecto consolida sus mercados, pueda establecerse un proceso con capacidad de 10 ton/día, expandible a 30 ton/día de material compostado.

Mediante este proyecto se integra el ciclo de uso de los subproductos del proceso industrial con las cadenas productivas agrícolas existentes en la región.

La segunda experiencia de Sucromiles en el campo de la biotecnología, en los últimos 5 años, ha sido la participación a través de un proyecto específico en la creación y consolidación de un centro de investigación en biotecnología en el Valle del

Cauca. Éste surgió como un concepto de la Universidad del Valle para crear un centro de investigación y enlace con la industria en el campo de biotecnología. Con el transcurrir del tiempo y el acopio de experiencia, este grupo ha tomado su propia autonomía y ha dejado de ser parte integral de la universidad, tomando sus propios derroteros. Actualmente funciona dentro de las instalaciones del Centro de Agricultura Tropical, CIAT.

El proyecto Remoción de Ácido Sulfhídrico se inicia como una necesidad de dos industrias que requerían dar solución al problema de emisión de ácido sulfhídrico provenientes de sus sistemas de tratamiento de aguas residuales por un proceso anaerobio.

El centro de vinculación propuso a Sucromiles y Levapan iniciar un trabajo de solución de este problema y obtuvo el patrocinio de Colciencias, Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, Francisco José de Caldas. Este trabajo se planeo a 3 años y ha tenido participación en partes iguales del ente estatal y las empresas. La solución propuesta es un despojamiento con aire del ácido sulfhídrico de la corriente líquida seguido de una oxidación química. El aire proveniente del despojamiento retiene el contaminante en un lecho sólido por medio de biofiltración. Este sistema permite remover el 99% del olor generado a un precio competitivo en el mercado.

El proyecto se inició a mediados de 1997 y debe terminarse a mediados del año 2000. Actualmente se halla en la fase de escalamiento y construcción del prototipo industrial en la planta de Sucromiles S.A. La propiedad intelectual de los desarrollos de biofiltración ha sido entregada por las empresas al centro de vinculación para su explotación. La experiencia de trabajo con este proyecto ha mostrado la sinergia que es posible obtener a través del trabajo conjunto de grupos académicos e industriales, e integrar a través del trabajo las diferencias culturales de ambas partes. La tecnología desarrollada se proyecta a otras aplicaciones similares en la región.



**CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA CARGA MICROBIANA PRESENTE EN LOS TANQUES DE ACIDIFICACIÓN, EQUALIZACIÓN Y REACTORES METANOGÉNICOS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN UNA CERVECERÍA DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ D.C.**

ISABEL CRISTINA GUTIÉRREZ, \* MÓNICA RODRÍGUEZ, MÓNICA MOYA, MARCELA MEDINA GERENA, OSCAR OSORIO ROJAS \*\*

\* Bavaria, División de Producción. Av. Boyacá No. 9-02, Sarafé de Bogotá.

Email: [BA95ICG@bavaria.com.co](mailto:BA95ICG@bavaria.com.co)

\*\* Estudiantes Tesistas. Email: [osorio@sky.net.co](mailto:osorio@sky.net.co)

Las aguas residuales industriales son en su mayoría tratadas por procedimientos físicos o químicos, que buscan disminuir el grado de contaminación ambiental que éstas ocasionan al medio ambiente y a la salud humana. El grado con el que los procesos de tratamiento contribuyen al efecto total de purificación depende del sistema de tratamiento empleado, su manera de operación y de las materias presentes en el agua residual.

En el caso de las industrias cerveceras, el proceso de obtención del producto final (cerveza) ocasiona la producción de contaminantes y residuos industriales que deben tratarse previamente antes de realizar su vertimiento y disposición final, según normas de los entes regulatorios, como el Ministerio de Salud, Ministerio del Medio Ambiente y Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, DAMA, entre otros.

En líneas generales, el proceso de producción se realiza a partir de cereales germinados y lúpulo; durante el proceso de cocción el almidón de los granos de malta es hidrolizado, produciendo una gran cantidad de desecho (afecho) de alto potencial contaminante; luego la solución clarificada produ-

cida llamada "mosto", se cuece y se lupuliza para aumentar la conservabilidad y brindar un adecuado sabor, un filtrado posterior precede a la fermentación por la levadura, a partir de la cual se transvasa la cerveza a los depósitos de maduración, en donde completa su ciclo.

Las aguas generadas por este último proceso pasan por un proceso de tamizado, que separa los residuos sólidos, un pretratamiento que uniformiza y amortigua los caudales y las características del efluente, evitando así que las variaciones en los niveles de descarga afecten la estabilidad del proceso posterior, y un tratamiento secundario en el cual los microorganismos transforman la materia orgánica en subproductos.

El trabajo que se presenta fue realizado en su totalidad en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales y en el laboratorio de la división de producción, departamento de investigación y desarrollo de una industria cervecera en Santa Fe de Bogotá, Colombia, y el mismo buscaba identificar las poblaciones microbianas presentes en los tanques de equalización y acidificación, con el fin de establecer si la presencia o ausencia de las mismas podría estar afectando directamente los procesos de acidogénesis y metanogénesis, la calidad del agua tratada y el funcionamiento general de la planta.

Los muestreos fueron realizados durante los meses de abril, mayo y junio de 1999 en los tanques de equalización, acidificación, reactores de la planta de aguas residuales y en los efluentes de salida.

Las muestras obtenidas a partir de los tanques de equalización, acidificación y salida permitieron aislar microorganismos de los géneros *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* y *Serratia*, con predominio de las especies *Enterobacter cloacae* y *Klebsiella terrigena* en cada uno de los sitios de muestreo. Los géneros de levadura encontrados

correspondieron a individuos de *Candida*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula* y *Saccharomyces*, con predominio de *Cryptococcus*.

Se determinó que los porcentajes de remoción fueron: 16% para heterótrofos y coliformes y 68% para mohos y levaduras. El porcentaje de remoción de DQO ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ) fue del 74%, valor bastante aproximado a los requisitos establecidos por las autoridades locales ambientales (DAMA 80%) y a los estándares normales de funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales tipo UASB (80%). Los parámetros fisicoquímicos permanecieron estables durante el muestreo, aunque con algunas variaciones que estuvieron dentro de los parámetros normales de operación de plantas de tratamiento de agua residuales.

A partir de los reactores se aislaron 17 tipos distintos de colonias, de las cuales 23% fueron bacilos Gram positivos; 10% bacilos Gram negativos; 28% cocos Gram positivos; 18% cocos Gram negativos y 1% de cocobacilos Gram positivos. Al igual que en el caso anterior los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron en los niveles normales para este tipo de reactores.

A futuro se pretende determinar, mediante análisis cromatográficos, la capacidad de las cepas para producir metano, producto último de la degradación biológica de la materia orgánica; así como evaluar la actividad metanogénica de los lodos.

## COMENTARIOS

En este panel, se buscó la interacción de empresas del sector con centros de investigación e institutos de vinculación que tuvieran experiencias exitosas de relación entre el sector académico y el industrial. Participaron dos empresas privadas colombianas, un centro de investigación chileno que presta servicios en el área ambiental y un centro de vinculación tecnológico mexicano.

De las experiencias conjuntas del sector privado, el centro de investigación y del centro de vinculación puede inferirse que, para el caso ambiental, algunos de los factores que limitan la aplicación de la biotecnología son:

- Falta de conocimiento de los aspectos legales relacionados con la propiedad intelectual de los resultados de proyectos o investigaciones conjuntas y con la transferencia de tecnologías.
- Limitada capacidad para lograr un trabajo interdisciplinario eficiente.
- Barreras de percepción pública y de ignorancia por parte de los usuarios nacionales en relación con las tecnologías desarrolladas al interior de las universidades o centros de investigación nacionales.

La aplicación de la biotecnología al sector ambiental se constituye en una herramienta para el desarrollo sostenible, y muestra algunas de sus bondades cuando es aplicada para desarrollar paquetes tecnológicos (caso de los sistemas de tratamiento anaerobio de aguas residuales industriales, como los desarrollados en México o Colombia), o cuando sirve como instrumento para prestar un servicio a la sociedad, (como en el caso del centro de investigación en Chile, que realiza estudios de contaminación ambiental en algunas ciudades de ese país), que se pueden constituir en la base de un sistema estatal acertado de toma de decisiones en la materia.

La modificación de las legislaciones ambientales en los países analizados no fue un obstáculo para incentivar el trabajo conjunto de empresas y centros de investigación; por el contrario, se constituyó en un mecanismo de impulso, que favoreció el desarrollo de los servicios de consultoría ambiental y que permitió que el usuario final pudiera contar con una mayor disponibilidad de tecnologías a precios competitivos.

En todas las instituciones analizadas, se hizo énfasis en la necesidad de integrar equipos interdisciplinarios de excelencia, que produjeron resultados exitosos, cuando los mismos supieron interrelacionarse, entre sí, o con mecanismos de vinculación como los descritos para los casos de México y Colombia. Mención especial merece el caso de una de las empresas colombianas que logró integrar el ciclo de sus subproductos con el ciclo de las cadenas agroindustriales de la región.

En el campo ambiental, el éxito de la aplicación de las biotecnologías parece entonces pasar por un proceso de integración de grupos humanos altamente calificados; trabajo interdisciplinario e intersectorial; capacidad de interactuar con grupos nacionales e internacionales; posibilidad de integrar paquetes tecnológicos completos y transferirlos a los usuarios finales y muy amplio conocimiento de todos los factores legales involucrados en los procesos de innovación y transferencia tecnológica.

**PANEL 4**

**Sector agrícola**



## C.A. CENTRAL LA PASTORA, TRABAJO EN BIOFERTILIZANTES

ELIGIO SILVA\*

\* Ingeniero agrónomo, C.A. Central la Pastora,  
Carretera Panamericana km 495. La Pastora 3050 Lara, Venezuela.  
Email: [cpastora@cantv.net](mailto:cpastora@cantv.net)

El presente trabajo resume la exitosa experiencia que a través de estos últimos cinco años C.A. Central La Pastora lleva a cabo con la producción de su producto orgánico a base de cañaza "Biofertilizante La Pastora" (BLP).

El Central La Pastora (CLP) se encuentra ubicado en la región noroeste de Venezuela; su ubicación política lo sitúan a  $9^{\circ} 49'$ , de latitud norte y longitud oeste, igual a  $70^{\circ} 11'$ ; su posición altimétrica equivale a 565 m.s.n.m. y entre los datos climáticos podemos mencionar:

- Temperatura promedio:  $28^{\circ}\text{C}$ .
- Precipitación promedio: 850 mm.
- Evaporación: 1.800 mm. Con una humedad relativa cercana al 53%.

La historia de C.A. Central La Pastora se remonta casi a medio siglo de existencia, en donde la pasión por la cañicultura guarda un sitio de honor dentro de la industria azucarera venezolana.

El Central La Pastora actualmente tiene una capacidad de molienda de 1.200.000 toneladas de caña de azúcar, en un período de zafra entre 210 a 240 días; esta molienda genera alrededor de 40.000 a 50.000 toneladas de cachaza/año (=4%), lo que representaba para nuestra factoría un serio problema ecológico y de difícil manejo. Buscando una solución a este pro-



blema, se realizaron ensayos, usando este subproducto (en forma de compost) en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Los avances de la biotecnología en los últimos años y la necesidad de reciclar desechos producidos por la actividad humana, bien sea agrícola, forestal, industrial o doméstica, han sido concebidos como problema por investigadores e instituciones a nivel nacional e internacional, cuando a los mismos no se les brinda un efectivo y aprovechable uso.

La nueva era de la agricultura moderna exige insumos que además de mantener o elevar los rendimientos *preserven el recurso natural suelo*, en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, con la aplicación de enmiendas orgánicas. El agricultor podrá asegurar una mejor productividad en sus cosechas, debido a la incorporación masiva de numerosos y benéficos microorganismos, responsables directos de la transformación y mineralización de la materia orgánica, la cual, a su vez, es portadora de cantidades adecuadas de *ácidos húmicos*, los cuales marcan el camino que se va a seguir para el mejoramiento de los suelos; esto es reconocido por la industria de los fertilizantes químicos.

El biofertilizante La Pastora (BLP) es un abono orgánico producido a través de la metodología del compostaje en donde la cachaza, bagazo, levadura (inóculo), fuente nitrogenada y numerosas enzimas, conforman el principal eje de la materia prima. Las enzimas actúan potenciando la acción de la microflora y saneamiento del ambiente, originando al final del proceso de maduración del compost, unos valores aceptables en los elementos nitrógeno (entre 2-3,78%) fósforo (1,2-2,8%); potasio (0,7-1,5%); calcio (5-6,5 %) ácidos húmicos (35-40%), materia orgánica (38-48%) y pH (6,9-7,15), entre otros

Uno de los objetivos que motivó a C.A. Central La Pastora a darle prioridad y difusión investigativa a este consolidado

proyecto fue la de manejar grandes volúmenes (a través del compost) de cachaza a muy corto plazo, y brindar una alternativa económica, viable y confiable a todos los productores y cañicultores de la zona del área de influencia, con la implementación y uso adecuado de esta innovadora enmienda rica en macro, microelementos y materia orgánica. Con ello cabe destacar que nuestro cañicultor se presta a cumplir un rol protagónico en el ámbito agroecológico, poniendo en práctica el uso de productos orgánicos dentro de los planes de fertilización.

Una vez conocidas todas las bondades del producto orgánico, se establece el montaje de un ensayo en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), el cual fue diseñado experimentalmente en bloques completamente al azar, con cinco (5) tratamientos, y cuatro (4) repeticiones. Tipo de suelo: Typic Ustropepts Fina, mixta isohipertérmico, variedad CP62-250.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: (T0) sin aplicación de fertilizantes (T1) aplicación de 3 ton/ha de biofertilizante La Pastora con adición del 50% de la dosis de fertilizante potásico, (T2) únicamente la aplicación de biofertilizante La Pastora; en dosis de 4 tn/ha, (T3) aplicación de 3 tn/ha de biofertilizante, con la adición del 50% de la dosis de fertilización química y un último y quinto tratamiento (T4) con fertilización química exclusivamente, se realizaron evaluaciones agronómicas, tales como altura de planta, grosor del tallo, encepamiento, longitud de entrenudo entre otros. Todos estos parámetros medidos a los 6 y 12 meses del desarrollo del cultivo; igualmente se evaluó la productividad en caña y azúcar. Los resultados de las evaluaciones no reportaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Esto nos permite asegurar que se dio una respuesta positiva del cultivo a la aplicación del biofertilizante La Pastora. En otro orden de ideas, se consideró concluir que con la aplicación de 4 ton/ha de biofertilizante La Pastora (dosis que re-

sultó ser la más adecuada) el productor podrá conseguir un ahorro sustancial aproximado al 30% menos en el costo de la aplicación de los fertilizantes tradicionalmente usados. De igual manera, se logrará percibir excelentes productividades en el campo, a medida que la estructura de los suelos vaya mejorando en concordancia con la aplicación del material humificado.

Una vez realizado y evaluado el ensayo en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), se realizaron numerosos ensayos en diversos cultivos y diferentes pisos latitudinales de la región, en donde una vez más se determinó la alta eficiencia agronómica por parte del uso del biofertilizante La Pastora. Entre las experiencias se pueden mencionar: evaluaciones agronómicas en el cultivo de las musáceas (plátano y banana), uva, remolacha, papa, cebolla, zanahoria, palma aceitera y tomate, entre otros.

Todos estos cultivos alcanzaron un buen rendimiento, evidenciando una efectiva y clara respuesta a la fertilización orgánica, garantizando con ello un armonioso equilibrio ecológico, dentro de la, cada vez más cercana, agricultura sostenible en el ámbito mundial.

## FRUTALES EN EL PERÚ, CARLOS FUKUDA

CÉSAR OLIVERA ARTEAGA\*

\* Grupo Empresarial Carlos Fukuda, Lima Perú

Email: [granjafukuda@compudesa.com.pe](mailto:granjafukuda@compudesa.com.pe)

[cesar.olivera@latinmail.com](mailto:cesar.olivera@latinmail.com)

El Grupo Empresarial Carlos Fukuda es una compañía de producción agropecuaria de origen peruano, fundada en 1976, que aplica la biotecnología en las áreas de cultivo de tejidos, certificación, indexación y limpieza de material vegetal a variedades comerciales de cítricos, naranjas y mandarinas.

El rendimiento de las especies de cítricos, dentro de las cuales una de las más importantes es la naranja Washington navel, por ser una variedad sin pepa, con buenas cualidades organolépticas y gran aceptación como fruto de mesa o consumo en fresco ha venido decreciendo a causa de la infección de virus y patógenos, que afectan su productividad, vigor, rendimiento y calidad.

La presencia de áfidos vectores, dentro de los que se encuentran *Aphis spiraecola* o "pulgón verde"; *Aphis citricidus* o "pulgón marrón" y *Toxoptera aurantii* o "pulgón negro", en todas las zonas de producción, ha sido la causa de la propagación rápida de diversas razas virulentas del virus de la tristeza cítrica (CTV) y de la presencia de otros patógenos, como exocortis (CEV), psorosis y xylosporosis; el CTV es el más complejo, endémico y el factor limitante en el cultivo de cítricos.

Por el motivo anteriormente expuesto, una de las principales líneas de investigación de la compañía ha sido la obtención y propagación de material libre de virus y de patrones resistentes o tolerantes a enfermedades. A los patrones de cítricos con características deseadas se les propaga *in vitro* y se les

efectúa limpieza de virus por métodos de microinjertación de meristemas caulinares, con lo que se cuenta con un método seguro y rápido para la transferencia de germoplasma de una a otra zona, disminuyendo los riesgos de pérdida por cosecha y aumentando la velocidad y la disponibilidad de los procesos para los agricultores.

El trabajo denominado "Limpieza de virus de la tristeza en cítricos" se ha desarrollado en tres etapas desde 1997 y hasta la fecha, en cooperación con la Universidad Ricardo Palma, en el Laboratorio de Biotecnología e Ingeniería Genética de la Facultad de Biología y cuenta con el apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Concytec; dentro de sus objetivos más importantes se encuentra: a) realizar el fitosaneamiento de material vegetal mediante las técnicas de cultivo de meristemas, termoterapia y microinjertación, b) desarrollar una técnica de micropropagación para cítricos, c) adaptar las técnicas de microinjerto para las variedades seleccionadas, d) purificar y caracterizar razas biológicas de CTV, e) inocular y preinmunizar plantas libres de virus con razas protectoras de CTV.

En las tablas 1 y 2 se muestran algunos de los resultados del proyecto:

**Tabla 1.**

**Influencias del tipo de patrón en los microinjertos prendidos de ápice caulinares de naranja *Washington navel* y *Washington australiana*.**

Patrón	Porcentaje de microinjertos prendidos	
	<i>Washington navel</i>	<i>Washington australiana</i>
Mandarina Cleopatra	64,7	11,8
Limón rugoso	13,7	7,5
Citraje carrizo	17,7	10,0

\* La frecuencia de injertos fue mayor en *Citrus reticulata* (mandarina Cleopatra) 64,7%, luego en citraje carrizo 17,7 %, *Citrus jambhiri* (limón rugoso).

**Tabla 2.**  
**Edad de los patrones.**

Microinjertos Variedad/semanas	Prendidos				No. prendidos			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Limón rugoso	02,8	13,7	11,8	10,0	18,5	10,8	55,6	78,5
Mandarina Cleopatra	17,0	64,8	22,9	19,8	20,1	15,9	68,9	77,8
Citraje carrizo	05,1	17,1	13,6	09,3	15,0	11,9	65,4	75,2

Otros desarrollos en biotecnología de la compañía han permitido el desarrollo de técnicas de micropropagación y producción de estolones en fresa (*Fragaria X Ananassa* Duch) a partir de variedades Chandler y Tajo y la comercialización de otros productos libres de virus, desarrollados con la misma tecnología y que incluyen: alcachofa sin espinas (*Cynora sea-lymus L.*); lucumo (*Lucuma ovota* H.B.K.) y chirimoya (*Anona cherimolia* Mil) y piña (*Ananas C.V. Cayena*).

Los resultados muestran:

1. Plantas microinjertadas, aclimatadas en invernadero y protegidas contra vectores, esperando ser indexadas e inoculadas con una raza atenuada del virus.
2. Desarrollo de las tecnologías para la microinjertación, que son usadas en la eliminación del virus de la tristeza (CTV).
3. Plantas microinjertadas que no conservan las características juveniles y que pueden propagarse en un tiempo no menor a dos años.

La transferencia de tecnología de todos estos proyectos se realiza a través del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas (INIA) y las catorce facultades de agronomía en el país. Periódicamente, el conocimiento se traslada mediante paquetes tecnológicos a los agricultores más representativos de cada zona.

## BIOTECNOLOGÍA EN LA FLORICULTURA, COMPAÑÍA C.I. FLORAMÉRICA S.A

AMANDA VARGAS\*

\* Jefe de Laboratorio, C.I. FlorAmérica S.A. Calle 93 No. 19-25.  
Email: [fsa.idea@famerica.sbf.com](mailto:fsa.idea@famerica.sbf.com)

FlorAmérica es una empresa dedicada a la producción y comercialización de material vegetal, su visión es ser el equipo líder en innovación tecnológica en el sector de la floricultura.

La empresa cuenta con áreas para la producción de plantas, sanitización de material vegetal, investigación y desarrollo, gestión de la calidad y administración. Existen dos laboratorios de cultivos de tejidos vegetales dedicados a la introducción de material vegetal (meristemos, hojas, yemas, embriones, inflorescencias) y a la propagación del mismo; un laboratorio de sanidad vegetal para la certificación de material limpio o libre de virus; los estudios de certificación son realizados mediante las técnicas de ELISA y electroforesis.

El Departamento de investigación y desarrollo de la compañía, activo desde 1988, tiene tres líneas de investigación:

1. *Cultivo de tejidos*. Micropropagación, embriogénesis somática y regeneración de adventicias.
2. *Manejo integrado de enfermedades*. Control físico químico, biológico y cultural.
3. *Manejo integrado de plagas*. Control físico, biológico y cultural.

En control integrado de plagas se trabaja en biocontroladores, mediante la producción y uso de *Trichoderma* sp., *Beauveria* sp. y *Paecilomyces* sp., buscando aplicaciones a niveles comerciales en las áreas de producción; en la evaluación de fungicidas

y pesticidas a nivel de campo para estandarizar, controlar y establecer las diferentes metodologías de aplicación.

FlorAmérica tiene la capacidad tecnológica para introducir, limpiar, micropropagar, endurecer y establecer más de cuarenta (40) especies en los sectores floricultor, papero y bananero; sus trabajos de investigación se llevan a cabo principalmente con especies de Gerberas y Gypsophilias, y se ejecutan proyectos para micropropagar banano para las zonas de Urabá y Santa Marta y para la selección y conservación de germoplasma *in vivo* e *in vitro* para países como Ecuador y México, así como para suplir algunas necesidades nacionales.

Las relaciones de apoyo con la universidad se han realizado mediante la vinculación de estudiantes en pasantía que forman parte de los equipos de trabajo del Departamento de Investigación y Desarrollo.

Debe resaltarse que todo el esfuerzo está y seguirá estando enfocado en la producción de material vegetal de alta eficiencia y calidad, preservando siempre el medio ambiente.



## **CENTRO DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD DE LA REGIÓN CENTROOCCIDENTAL, CEPKO**

DIANA A. RESTREPO\*

\* Gerente General, Cepco, carrera 4 esquina, calle 24. Ofic 07.  
Centro de Nuevas Empresas, Venezuela.

Email: [Darestrepo@cantv.net](mailto:Darestrepo@cantv.net)

[Dmiquilena@cantv.net](mailto:Dmiquilena@cantv.net) [Julinarez@cantv.net](mailto:Julinarez@cantv.net)

Cepco es una asociación sin fines de lucro, en la que tienen participación 48 empresas, 9 instituciones y 2 asociaciones, miembros que respaldan el movimiento de calidad total en la región centrooccidental de Venezuela.

Las nuevas realidades del país, sin duda, proyectan a Cepco como una organización dinámica y flexible, con capacidad para enfrentar el cambio continuo en las necesidades y expectativas de los clientes y del entorno en general y, sobre todo, para convertirse en una organización modelo por la coherencia en la práctica de los esquemas integrales de gestión que construimos y difundimos.

La misión de Cepco es la promoción, divulgación y coordinación de acciones para que las organizaciones y la sociedad regional puedan desarrollar una cultura de calidad que apoye la competitividad del país, vinculando a quienes fomenten, desarrollen, actualizan y difunden esquemas de calidad y a las organizaciones que los requieran.

Nuestra visión, en el año 2004, será ser reconocido como líder en el fomento, promoción, difusión y apoyo a la implantación de la calidad en las organizaciones, contando con una base de clientes que no sólo incluyan a los asociados, sino que abarque a organizaciones públicas y privadas, manufactureras y de servicios, quienes acudan regularmente a ella para acceder a capacitación, asistencia técnica, productos edito-

riales, seminarios y eventos e intercambio de experiencias que mejoren su competitividad.

Los objetivos y metas que Cepco se ha planteado son:

- El 100% de las empresas afiliadas a la Cámara de Industriales y la Cámara de Pequeños y Medianos Industriales del Estado Lara (CIL y Capmil), sean miembros de Cepco.
- El 100% de las empresas de los afiliadas a Cepco han participado en los talleres ofrecidos por la institución.
- Realizar un seminario anual de presentación de logros en sistemas de la calidad.
- Editar una revista por año con el resumen del trabajo en pro de la calidad.
- Comercializar libros referidos a la calidad, así como manuales de descripción de la aplicación de la calidad a nivel regional.
- El 80% de los miembros de Cepco, participan activamente en las actividades de la institución.
- En el primer año del plan, doce (12) empresas utilizan los programas de asesorías ofrecidos por Cepco. A partir del segundo año, se incrementará en un 20% el número de empresas participantes.
- Sustentabilidad financiera proporcional al número de afiliados en correspondencia con las metas de afiliación.

Cepco ha sido una institución que aunque no se ha escapado de la crisis del país, se ha mantenido como una organización dinámica y flexible, con capacidad para enfrentar el cambio continuo en las necesidades y expectativas de los clientes. Actualmente contamos con el siguiente número de miembros que la constituyen:

**Tabla 1.**  
**Número de afiliados a Cepco distribuidos por sector.**

Sector	Afiliados
Agroindustria	15
Metalmecánico	10
Servicio	09
Electroelectrónico	06
Plástico-goma	06
Fundición	03
Educativo	03
Gremial	02
Químico	02
Madera	01
Otras manufacturas	01
No metálicos	01
<b>Total</b>	<b>59</b>

Hemos contribuido al fortalecimiento de los programas de calidad y productividad de nuestros afiliados, a través de la coordinación de programas de asistencia técnica, del diseño, coordinación y ejecución de los programas de formación para empresarios, profesionales, técnicos y obreros sobre calidad y productividad y hemos realizado actividades complementarias, conexas o derivadas del objetivo general.

El Centro de Productividad orienta sus esfuerzos para trabajar básicamente en aspectos relacionados con:

- Proyectos e investigación.
- Conocimiento y procesos educativos.
- Implementación.
- Promoción y desarrollo.

De la interrelación de estos aspectos se desprenden, como principales productos y servicios de nuestra entidad: even-

tos de formación y de difusión, diagnósticos del estado de la calidad en las organizaciones y planes de formación, orientación técnica, implantación de sistemas de calidad y auditorías, entre otros.

El Centro ha llevado a cabo eventos educativos, y de implementación de sistemas de calidad no sólo con empresas miembros; sino con otras empresas de la región. Vale la pena destacar, de un sistema de calidad, bajo los lineamientos de la norma ISO 9.000 que les permita obtener la certificación y acreditación del organismo certificador, como es el Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad (Fondonorma).

También adelantamos diagnósticos, asesoría y orientaciones que permitan fortalecer a la PYMI (pequeña y mediana industria) a través del diseño e implantación de programas de mejoramiento continuo, a fin de adecuar la capacidad de respuesta de este sector a los nuevos escenarios de los mercados y las economías.

## COMENTARIOS

En este panel se analizaron los trabajos que en investigación y desarrollo adelantan cuatro instituciones de la región, de las cuales tres fueron empresas de base biotecnológica (Venezuela, Perú y Colombia) y una institución venezolana, que actúa como un centro de apoyo y enlace para gestionar procesos de certificación y garantía de calidad, con énfasis en el sector agropecuario.

Como barreras para la adopción de los desarrollos tecnológicos se describieron las siguientes:

- Limitada disponibilidad de recursos y personal altamente capacitado para enfrentar los desafíos tecnológicos que tiene ante sí la agricultura del siglo XXI.
- Ausencia de capacidad tecnológica y de infraestructura para adaptarse y aprovechar las nuevas herramientas, productos y servicios, que las biotecnologías de tercera generación le aportan al sector (como en el caso específico, de los organismos vivos modificados).
- Poco conocimiento de los sistemas de gestión integral y de las normatividades vigentes en materia de calidad y preservación ambiental.

De las experiencias analizadas puede deducirse que la biotecnología, aplicada al sector agrícola, ha dado resultados positivos en el desarrollo de material vegetal resistente a plagas y enfermedades; en la obtención de nuevos insumos que mantienen o elevan los rendimientos de las cosechas y a la vez preservan el recurso natural (como los bioabonos de C.A. Central La Pastora, en Venezuela) y en el manejo integrado de enfermedades, así como en la obtención de material vegetal de alta eficiencia y calidad (como en el caso de FlorAmérica en Colombia).

Se recalca el hecho de que los desarrollos logrados en el área de biotecnología vegetal que buscan una agricultura soste-

nible, son a la vez compatibles con la búsqueda de procesos ambientalmente amigables. Como casos particulares pueden mencionarse el desarrollo del biofertilizante en la empresa venezolana que, a la vez que aporta nutrientes de origen natural al cultivo, permite el uso de subproductos contaminantes provenientes del cultivo de la caña de azúcar o la aplicación de tecnologías de cultivo de tejidos *in vitro*, limpieza y certificación que, junto con la búsqueda de procesos biológicos más eficientes, pretenden salvaguardar nuestro entorno natural.

## COMENTARIOS FINALES

El intentar entregar unos comentarios que pretendan servir como marco de referencia para analizar los factores de éxito, las limitantes y las oportunidades de las empresas y los centros de vinculación universidad-empresa que brindaron sus experiencias en este taller es una labor que tiene sus limitaciones, pues los contextos económicos, políticos, sociales y culturales en los que se desenvuelve cada institución son diferentes y varían de acuerdo con el campo particular de aplicación; la magnitud de las empresas y centros de vinculación; sus orígenes; la manera como el Estado concibe la ciencia y la tecnología; las políticas que genera para su financiación y de un buen número de factores externos ligados a condiciones macroeconómicas y sociales.

A pesar de reconocer este hecho, es necesario destacar que son comunes, a lo largo de las diferentes presentaciones, algunos elementos relacionados con: aspectos de financiación, consideraciones legales, recursos humanos, políticas de información, elementos de gestión tecnológica, políticas de Estado y percepción pública de la ciencia y la tecnología.

En los aspectos de financiación y, quizá, como uno de los elementos más importantes para el desarrollo y consolidación de las empresas y centros de vinculación universidad-empresa, se mencionó la falta de capital de riesgo para que pequeñas y medianas empresas de base biotecnológica pudieran iniciarse en el negocio de la biotecnología. Este elemento está necesariamente ligado a la inexistencia de políticas de Estado que fomenten de manera real el desarrollo de la biotecnología en los diferentes países y a una baja percepción de la importancia de invertir a largo plazo en investigación y desarrollo, como elemento central para la supervivencia en mercados globalizados.

Desde el punto de vista legal, el factor más importante que limita el desarrollo de cualquier aplicación de la biotecnología se da en el desconocimiento, por parte de instituciones y personas, de la gran mayoría de elementos legales que determinan la investigación, el desarrollo y la comercialización de productos provenientes de la biotecnología. Es necesario superar esta barrera formando especialistas en propiedad intelectual, patentes, acuerdos de transferencia, licencias, contratos, *joint ventures*, entre otros.

No será posible que la biotecnología favorezca a la sociedad, si el recurso humano no está ampliamente capacitado y cumple con los requisitos de contar con una visión, no de "empleado", sino de gerente del negocio tecnológico, poder interactuar en grupos interdisciplinarios; cambiar su percepción negativa acerca de las dicotomías público-privado y universidad-empresa; generar investigaciones que conduzcan no sólo a la publicación de *papers*, sino que contribuyan con soluciones a mejorar la calidad de vida de sus conciudadanos.

La información es el elemento vital si se quiere participar de los frutos de la economía globalizada. No basta con bases de datos o estadísticas, la información tiene que llegar a quien la necesita (el investigador, el empresario, el tomador de decisiones) en el momento justo y oportuno. A este respecto, toda iniciativa tendiente a generar comunidades del conocimiento, grupos de discusión interactivos, y sistemas de información es bienvenida. Como ejemplo vivo de este mecanismo se mencionó el caso del Sistema especializado de información en biotecnología y tecnología de alimentos, Simbiosis, de la Organización de Estados Americanos, OEA, el cual, después de casi 10 años de funcionamiento, ha logrado comenzar a dar valor a la información que en biotecnología y tecnología de alimentos existe en América Latina y el Caribe.

Dentro de los procesos de gestión, es necesario recordar que los casos analizados como exitosos en la vinculación univer-



sidad-empresa han sabido generar condiciones y diseñar políticas para hacer posible entre los diferentes actores involucrados en la investigación, desarrollo, aplicación y comercialización de las tecnologías, algunos o varios de los siguientes elementos: alianzas estratégicas, *joint ventures*, generación de *clusters* empresariales y *spin-off* universitarios. Hacia el futuro a estos elementos deberá sumársele el necesario cumplimiento de estándares de calidad (ISO 9.000 e ISO 14.000) así como las condiciones que garanticen el uso seguro de los Organismos Vivos Modificados (OVM), producto de la biotecnología moderna.

Otro elemento importante analizado fue el papel que cumple el Estado con sus políticas de apoyo a la ciencia y la tecnología. En todos los casos analizados se consideró que dichas políticas eran inadecuadas e insuficientes en términos de financiación, visión de largo plazo, y entrega de soluciones a los problemas reales de la sociedad. Debe entonces replantearse el papel que los organismos y las agencias estatales cumplen en este sentido, evitando duplicar esfuerzos, garantizando condiciones de sostenibilidad en la financiación y buscando insertarse con calidad y competitividad en la sociedad del siglo XXI, sociedad del conocimiento.

Como elemento final, también se señaló la necesidad de trabajar a todos los niveles para que la sociedad, el Estado, los empresarios y los propios investigadores cambien su percepción acerca de la tecnología y sus beneficios y de cómo ésta puede ser generada con calidad y competitividad desde la periferia hacia el centro.

**FICHA TÉCNICA  
DE LAS INSTITUCIONES PARTICIPANTES**



**Bavaria S.A.**  
**Laboratorio de Investigación**

**Oficina**

Dirección: calle 94 # 7A-47  
Tel: 6100200 Fax: 6102364 -6101935- 6102475  
Email: [Bavaria@bavaria.com.co](mailto:Bavaria@bavaria.com.co)

**Perfil**

Empresa productora de bebidas (cervezas, refrescos, jugos, aguas).

**Tecnologías empleadas**

Anaerobiosis estricta, tubos hungate, metano, cromatografía de gases, y todos los elementos relacionados para la obtención de este tipo de microorganismos (anaerobios estrictos).

**Productos y servicios**

El objetivo es brindar al ingeniero cervecero toda la información correspondiente a la planta de aguas residuales así como herramientas para poder llegar a solucionar cualquier evento dentro de la planta con el conocimiento microbiológico de ella.

**Alianzas**

No existe ningún tipo de convenio. Actualmente se realizan y desarrollan trabajos con estudiantes de universidades, teniendo en cuenta que: el dueño de las invenciones y obras literarias que surjan de las investigaciones realizadas dentro de la compañía es Bavaria S.A.

Y el reconocimiento los derechos morales de las personas que participan en la creación.

**Oferentes**

Cervezas, refrescos, jugos, aguas

**Demandantes**

Datos no disponibles

**Datos de la empresa**

Fundación:	1889
Número de empleados:	5.000
Participación estatal:	0%
Participación nacional:	100%
Participación extranjera:	0%

**Experiencia en biotecnología**

Tratamiento de aguas

**Mercados:**

Datos no disponibles

## **Biominas**

### **Oficina**

Dirección: Avenida José Cândido da Silveira, 2100 Horto 31.170-000  
Belo Horizonte/MG/BRAZIL  
Teléfono +55 31 486-1733 - Fax +55 31 486-1619  
Email: [biominas@biominas.org.br](mailto:biominas@biominas.org.br)  
Página web: [www.biominas.org.br](http://www.biominas.org.br)

### **Perfil**

Compañía privada sin fines de lucro, con la misión de contribuir al desarrollo económico y social del estado de Minas Gerais en particular y de Brasil en general, a través del soporte al sector de biotecnología.

### **Tecnologías empleadas**

Biotecnología, química fina, bioinformática.

### **Productos y servicios**

Los servicios de Biominas están distribuidos en 7 unidades de negocios:

1. Incubación de empresas de base tecnológica
2. Promoción y participación en negocios
3. Capacitación en gestión tecnológica
4. Servicios
5. Pruebas clínicas (fármacos genéricos)

Dos unidades estarán ofreciendo sus servicios en el futuro:

6. Parque tecnológico
7. Certificación de ISO9.000

Se incluyen en los productos y servicios ofrecidos por empresas asociadas a Biominas:

Fármacos, kits de diagnóstico, reactivos, válvulas cardíacas biológicas, productos de reconstitución de huesos, prótesis oftálmicas, servicios de diagnósticos moleculares, productos veterinarios, vacunas, software de salud y muchos otros productos y servicios.

### **Aplicaciones**

Principalmente en salud, diagnóstico, farmacéutico, biomedicina y software.

### **Alianzas**

Biominas tiene varias sociedades y colaboraciones. Entre ellas:

1. *Sociedades internacionales*: Banco Interamericano de Desarrollo, Fondo de Investigación Multilateral, Centro de Biotecnología (Massachusetts), Miembro del Consejo Internacional de Pequeños Negocios.
2. *Sociedades nacionales*: El gobierno de Minas Gerais (a través de la Secretaría de Ciencia y Tecnología, Secretaría de Industria y Comercio y la Secretaría de Salud); la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG), el Centro de Desarrollo Tecnológico (Cetec), Empresa Brasileña de Investigaciones en Agricultura (Embrapa) a través del Centro Nacional de Recursos Genéticos y Biotecnología (CenarGen) y el Centro de Investigaciones del Maíz y Sorgo (CNPMS).

*(Continuación Biominas)*

3. *Apoyos nacionales:* El Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT), el Consejo Nacional de Investigaciones e Desarrollo Tecnológico (CNPq), la Financiadora Nacional de Estudios y Proyectos (Finep), el Servicio Nacional de Apoyo a Micro y Pequeñas Empresas (Sebrae- MG).

**Demandantes**

Biominas en relación con la biotecnología, demanda de los países de América Latina: información sobre mercados, compañías y finanzas, agentes de bolsa, contactos: personas o instituciones capaces de establecer oportunidades de negocios, sociedades tecnológicas y comerciales y colaboraciones.

**Oferentes**

Ver productos y servicios

**Contactos**

Valéria Judice

Email: [judice@biominas.org.br](mailto:judice@biominas.org.br)

**Datos de la empresa**

Fundación:	1990
Número de empleados:	15
Participación estatal:	No
Participación extranjera:	No
Participación nacional:	100%

**Experiencia biotecnológica**

BIOMINAS es una institución de apoyo al sector biotecnológico empresarial en Minas Gerais.

**Mercados**

Brasil, América Latina, Unión Europea.

## BioSidus S.A.

### Oficina

Constitución 4234, código postal 1254, Capital federal, Argentina  
Teléfono: 0054-(0)11-4909-8000 - Fax: 0054-(0)11-4909-8055

Email: [post@biosidus.com.ar](mailto:post@biosidus.com.ar)

Página web: [www.sidus.com.ar](http://www.sidus.com.ar)

### Perfil

BioSidus es una empresa privada, de propiedad familiar, que produce y comercializa proteínas recombinantes para el mercado farmacéutico. Pertenece al Grupo Sidus, empresa farmacéutica tradicional con más de 60 años en el mercado argentino y que ocupa la 4ª posición en el ranking de ventas en ese país. BioSidus empezó su actividad de I&D en los primeros 80' y llegó con su primer producto al mercado en 1990.

### Tecnologías empleadas

DNA recombinante en todos sus aspectos, fermentaciones bacterianas y celulares, purificación de proteínas a nivel inyectable para humanos, formulaciones farmacéuticas, desarrollo de pruebas preclínicas y clínicas, vegetales transgénicos, sistemas diagnósticos, micropropagación vegetal.

### Productos y servicios

Eritropoyetina humana recombinante, filgrastim, interferón alfa 2 humano recombinante, hormona de crecimiento humana recombinante. Todos ellos inyectables para medicina humana. Plantines de diferentes variedades para uso ornamental, productivo u otro.

### Aplicaciones

Medicina humana y animal, diagnóstico, agricultura.

### Alianzas

Licenciatarios (clientes, no socios) en múltiples países.

### Demandantes

Empresas farmacéuticas locales y multinacionales, productores agrícolas.

### Oferentes

Eritropoyetina humana recombinante, filgrastim, interferón alfa 2 humano recombinante, hormona de crecimiento humano recombinante. Plantines de diferentes variedades para uso ornamental, productivo u otro.

### Contactos

Dr. Mauricio Criscuolo  
[dirección@biosidus.com.ar](mailto:dirección@biosidus.com.ar)

### Datos de la empresa

Fundación: oficialmente como empresa independiente 1987, era parte de su empresa madre Sidus desde principios de los 80.

Número de empleados: 160

Participación estatal: 0%

Participación extranjera: 0%

Participación nacional: 100 %

(Continuación BioSidus S.A.)

**Experiencia biotecnológica**

Veinte años en los campos del DNA recombinante en todos sus aspectos, fermentaciones bacterianas y celulares, purificación de proteínas a nivel inyectable para humanos, formulaciones farmacéuticas, desarrollo de pruebas preclínicas y clínicas, vegetales transgénicos, sistemas diagnósticos, micro-propagación vegetal.

**Mercados**

Ofrecemos productos en todos los países de Latinoamérica, siendo líderes en muchos de ellos, también se venden en Tailandia, Líbano e India. En trámites de aprobación en China, Pakistán, Siria, todo el norte de África, Turquía, Polonia, etc.



## Biosonda

### Oficina

Eduardo Castillo Velasco 2902, Ñuñoa, Santiago

Teléfono: 562-2096770 - Fax: 562-2745462

Email: [biosond@ibm.net](mailto:biosond@ibm.net)

web: <http://www.biosonda.cl>

### Perfil

Biosonda S.A. es una Compañía biotecnológica fundada por un grupo de investigadores y empresarios chilenos.

Sus objetivos son: Investigación, desarrollo, asesoría técnica, producción y mercadeo de productos obtenidos de acuerdo con técnicas biotecnológicas modernas en el campo de la inmunología.

### Técnicas empleadas

Producción de anticuerpos monoclonales y policlonales. Desarrollo de ensayos basados en la tecnología ELISA, para la cuantificación de antígenos, anticuerpos en medicina, veterinaria y agroindustria. Desarrollo de inmunoensayos de aglutinación de látex. Asesoría en el desarrollo de proyectos biotecnológicos en el campo de la inmunobiotecnología.

### Productos y servicios

Transportadores para inmunización. Biosonda ha desarrollado Blue Carrier MR, una nueva proteína transportadora de la familia de las hemocianinas purificada del molusco *Concholepas concholepas*. Anticuerpos monoclonales y policlonales contra gizerosina e histamina, aminas biogénicas presentes en harinas de pescado. Importación de productos para cultivo de células, Inmunoquímica e inmunohistoquímica, servicio de síntesis de péptidos, partidos y secuenciación de ADN, asesoría en investigación en proyectos biotecnológicos.

### Aplicaciones

Asesoría en universidades, proyectos Fontec-Corfo y Fondecyt, Ventas del producto en universidades, hospitales, clínicas, etc.

### Alianzas

Pontificia Universidad Católica de Chile, INUAL, empresas internacionales (Sigma, Pierce, Biosouce, Aldrich, Clontech, Keystone, Hylone, Biolabs, Greiner, Biotech, Core, Santa Cruz Biotechnology).

### Demandantes

Tecnología para desarrollar inmunoensayos rápidos. Suministros en general para investigación biomédica y tecnológica. Equipamento para laboratorios de investigación.

### Oferentes

Anticuerpos monoclonales y policlonales a pedido, purificación y marcación de anticuerpos, preparación de líquido acético. Diseño de antígenos, canales de distribución de productos para investigación biomédica, biotecnología industria alimentaria.

*(Continuación Biosonda)*

Cobertura en todo Chile con canales de distribución efectivos y con entregas en una semana, dependiendo de la rapidez del proveedor.

**Contactos**

Sr. Alfredo De Loannes  
Gerente General

Dra. María Inés Becker  
Presidente.  
Directora de Investigación

**Datos de la empresa**

Fundación:	1992
Número de empleados:	10
Participación estatal:	0%
Participación nacional:	100%
Participación extranjera:	0%

**Experiencia en biotecnología**

Tecnología de producción de anticuerpos monoclonales. Gran experiencia en el desarrollo de ensayos para la cuantificación de moléculas de interés biomédico y biotecnológico, por medio de técnicas inmunoquímicas.

En el futuro se desea incursionar en metodologías para la cuantificación de mensajeros por medio de PCR-ELISA

**Mercados**

Exportaciones	10%
Importaciones	90%
Mercado nacional	80%
Mercado internacional	10%

## Grupo Empresarial Carlos Fukuda

### Oficina

Dirección: Irrigación La Esperanza Lote 82-Huaral-Lima-Perú

Teléfono: 2462900 - Telefax: 2462274

Email: [granjafukuda@compudesa.com.pe](mailto:granjafukuda@compudesa.com.pe)

[cesar\\_olivera@latinmail.com](mailto:cesar_olivera@latinmail.com) [crisvaldi@latinmail.com](mailto:crisvaldi@latinmail.com)

### Perfil

Producción agropecuaria

### Tecnologías aplicadas

Riego tecnificado, fertilización, cultivo de tejidos, certificación, indexación y limpieza de material vegetal.

### Productos y servicios

Cítricos: procesado, comercialización

Porcinos: reproductores, carne, cortes, comercialización

### Aplicaciones

Control integrado

### Contactos

César Olivera Arteaga

### Datos de la empresa

Fundación: 1982

Número de empleados: 19

Número de obreros: 76

Participación nacional: 100%

### Experiencia biotecnológica

Limpieza de virus en cítricos

### Mercados

Nacional, Canadá

## **C.A. Central La Pastora**

### **Planta**

Dirección: Calle Coromoto No. 6 - Apartado 24 Carora 3040 Venezuela

Teléfono: 052-212018 214650 214687 - Fax: 052-213198

Email: [Cpastora@cantv.net](mailto:Cpastora@cantv.net)

Página web: [www.carora.com](http://www.carora.com)

### **Perfil**

Empresa agrícola

### **Tecnologías empleadas**

Compostaje

### **Productos y servicios**

Azúcar, melaza y biofertilizante

### **Alianzas**

Datos no disponibles

### **Demandantes**

Datos no disponibles

### **Oferentes**

Azúcar, melaza y biofertilizantes

### **Contacto**

Eligio Silva

### **Datos de la empresa**

Fundación: 1952

Número de empleados: 572

Participación estatal: 0%

Participación extranjera: 0%

Participación nacional: 100%

### **Experiencias en biotecnología**

Producción de biofertilizantes

### **Mercados**

Zona occidental del país

## Centro de Calidad y Productividad de la Región Centrooccidental (Cepco)

### Oficina

Dirección: Carrera 4 con calle 24 Centro de Nuevas Empresas Ofic. No. 7  
Zona Ind. I - Teléfono: 051- 373112 - Fax: 051- 373112  
Email: [Darestrepo@cantv.net](mailto:Darestrepo@cantv.net) - [Dmiquilena@cantv.net](mailto:Dmiquilena@cantv.net)  
[Julinarez@cantv.net](mailto:Julinarez@cantv.net)

### Perfil

Empresa dedicada a la promoción divulgación y coordinación de acciones para que las organizaciones y la sociedad regional puedan desarrollar una cultura de calidad que apoye la competitividad del país, vinculando a quienes fomenten, desarrollen, actualicen y difunden esquemas de calidad y las organizaciones que los requieran.

### Tecnologías empleadas

No aplica.

### Productos y servicios

Proyectos e investigación, conocimientos y procesos educativos, implementación promoción y desarrollo.

### Alianzas

No aplica

### Demandantes

Datos no disponible

### Oferentes

El Centro de Productividad orienta sus esfuerzos para trabajar básicamente es aspectos relacionados con: proyectos e investigación, conocimiento y procesos educativos, implementación, promoción y desarrollo. También adelantamos diagnósticos, asesoría y orientaciones que permitan fortalecer a la PYMI (pequeña y mediana industria) a través del diseño e implantación de programas de mejoramiento continuo, a fin de adecuar la capacidad de respuesta de este sector a los nuevos escenarios de los mercados y las economías.

### Contacto

Diana Restrepo

### Datos de la empresa

Fundación:	1990
Número de empleados:	11
Parte nacional:	100%

### Experiencia biotecnológica

Sector agrícola

### Mercados

Agroindustria, biotecnología y ambiente de la zona centrooccidental del país.

## Corporación CorpoGen

### Dirección

Calle 26A No 37-28 Santafé de Bogotá, D.C.  
Teléfono: 57-1-368-5411; Fax: 57-1-368-4987  
Email: [corpogen@colomsat.net.co](mailto:corpogen@colomsat.net.co)

### Perfil

Centro de investigación y desarrollo en biotecnología molecular en salud humana, animal y vegetal.

### Tecnología empleadas

Reacción en cadena de la polimerasa, PCR, secuenciación de ácidos nucleicos, southern blots, y en general biología molecular.

### Productos y servicios

Kit para la identificación del virus de la mancha blanca del camarón por PCR.  
Kit para el aislamiento del ADN genómico humano. Taq DNA polimerasa para la amplificación enzimática.  
Kit para la identificación de HLA-DR por técnicas moleculares.

### Servicios

Diagnósticos moleculares humanos: papiloma, tuberculosis, toxoplasma entre otros.  
Animales: tuberculosis bovina. Vegetales: *Fusarium oxysporum*. Venta de oligonucleótidos. Secuenciación de ácidos nucleicos.

### Aplicaciones

Solución de problemas de genética molecular, venta de productos especializados en biología molecular.

### Alianzas:

CorpoGen tiene alianzas con

*Universidades internacionales*

El Departamento de Genética Bacteriana de la Universidad de Harvard, el Instituto Tecnológico Agropecuario (INTA) en Buenos Aires, Argentina.

*Universidades nacionales.*

Universidad de Cartagena Universidad Javeriana, Universidad Tecnológica de Pereira, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA, alianzas con diferentes centros de investigación como:

Instituto Nacional de Salud.

El Centro Nacional de Acuicultura Ceniagua  
Corporación de Investigaciones Biológicas, CIB.

Alianzas con tres compañías de biotecnología americanas: Altaxis, Arpida y Microbia.

### Demandantes

Fortalecimiento de la capacidad tecnológica y científica, mercadeo de productos.

(Continuación *CorpoGen*)

**Oferentes**

Desarrollo de productos en el área de biotecnología molecular. Capacitación en biología molecular. Asesorías en tecnologías moleculares.

**Contacto**

Patricia del Portillo

**Datos de la empresa**

Fundación:	1995
Número de empleados:	12
Participación estatal:	0%
Participación extranjera:	0%
Participación nacional:	100%

**Experiencias en biotecnología**

Reacción en cadena de la polimerasa, secuencia de ácidos nucleicos, *southern blots*, y en general biología molecular.

**Mercados**

Nacionales: Investigadores, camaroneros, floricultores, sector salud.

Internacionales: países productores de camarón.

**Dirección General de Servicios de Vinculación Tecnológica  
(DGSVT) / Coordinación de Vinculación (COVI) /  
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).**

**Oficina**

Dirección: Costado norte del edificio "D" de la Facultad de Química, Circuito de la Investigación Científica, C.U. 04510 México, D.F. México.

Teléfono: (52) 5622-5212 al 15 - Fax: (52) 5622-5207

Email: [eamc@servidor.unam.mx](mailto:eamc@servidor.unam.mx)

Página web: <http://www.unam.mx/vinculacion/dgsvt.htm>

**Perfil**

Entidad especializada en la prestación de servicios de gestión de tecnologías universitarias, dirigido al establecimiento de enlaces formales con organizaciones públicas y privadas.

**Tecnologías empleadas**

No es usuaria sino promotora de tecnologías generadas al interior de la UNAM.

**Productos y servicios**

Asesoría especializada a grupos académicos para la integración y transferencia de paquetes tecnológicos desarrollados en la UNAM. Captación de demandas técnicas externas que se canalizan a dependencias universitarias.

Servicios de evaluación y trámite de títulos de propiedad intelectual, evaluación y dictamen de contratos y convenios de vinculación de la universidad, diseño de estrategias de vinculación a nivel dependencia, formación de personal para la administración de la vinculación y apoyo en la formulación de políticas y normatividad para la vinculación de la UNAM.

**Aplicaciones**

No aplicable.

**Alianzas**

No aplicable.

**Demandantes**

Entidades públicas y privadas, principalmente establecidas en México. Ejemplos: Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesqueros (Semarnap), grupos industriales como Rotoplas S.A. de C.V.

**Oferentes**

Institutos, centros y facultades de la UNAM (en el área biotecnológica destacan: Instituto de Biotecnología, Instituto de Ingeniería, Instituto de Ecología, Facultad de Química, Instituto de Fisiología Celular, Instituto de Química, Instituto de Biología y Facultad de Ciencias).

**Contactos**

Georgina Valdespino Aguilera

Dirección General de Servicios de Vinculación Tecnológica-UNAM.

Email: [valdag@servidor.unam.mx](mailto:valdag@servidor.unam.mx)



(Continuación DGSVT)

**Datos de la organización**

Fundación: Dirección General creada en junio de 1997 como parte de la Coordinación de Vinculación de la UNAM (*Acuerdo de Creación de la Coordinación de Vinculación*).

Número de empleados: 12 en total (7 a nivel profesional y 5 a nivel secretarial-administrativo).

Participación estatal: la DGSVT de la COVI forma parte de la UNAM, la cual es una corporación pública, organismo descentralizado del Estado, dotado de personalidad jurídica propia y que goza de un régimen de autonomía desde 1929.

Participación extranjera: 0%

Participación nacional: 0%

**Experiencia biotecnológica**

Destacaron en 1999 la integración de ofertas tecnológicas para el tratamiento biológico de aguas residuales a través de diversos sistemas como una microplanta para flujos pequeños (Inst. Ing.), un sistema anaerobio de lecho expandido (Inst. Ing.) y un sistema de humedales (Fac. Quím.). En estos casos se han tramitado solicitudes de patente en México e incluso EE.UU. y Canadá.

**Mercados**

Manejo de efluentes en áreas urbanas (casas-habitación, parques y jardines) y tratamiento de efluentes de la industria textil.

## Food Science and Technology Unit University of West Indies

### Oficina

Faculty of Engineering

The University of the West Indies, St Augustine, Trinidad

Teléfono: (868) 645 - 3232/7 - Exts. 2196;2169;2190;3408;2195 or 4000

Fax: (868) 662 - 4414

Email: [gbaccust@eng.uwi.tt](mailto:gbaccust@eng.uwi.tt) o [chemeng@eng.uwi.tt](mailto:chemeng@eng.uwi.tt)

### Perfil

Centro de formación profesional a nivel de maestría y doctorado en ciencia y tecnología de alimentos. La unidad ofrece cursos en, tecnología de alimentos, aseguramiento de calidad en alimentos, preservación y procesamiento de alimentos, ingeniería de alimentos, empaquetado de alimentos y sanitización; investigaciones en áreas de frutas, vegetales, carnes, leche y legumbres, microbiología, control de calidad y procesamiento de alimentos.

### Oferentes

Enseñanza, investigación, servicios de educación continuada, consultorías, servicios públicos

### Contacto

Dr. Gail S.H. Baccus-Taylor

Dr. Ian Lambert

Dr. Sydney Thomas

### Datos de la unidad

Fundación: 1969

Número de empleados: 7

### Experiencia en biotecnología

Fermentaciones (yoghur, quesos, vinos, cerveza, vinagre), extracción de proteínas, Producción de etanol, fermentación en substrato sólido, producción de dextrano, producción de enzimas amilasas, manejo de desechos industriales.

### Productos y servicios

Análisis de productos, desarrollo y formulación de productos, cursos de entrenamiento, detección de patógenos, consultorías en seguridad alimentaria, estudios de posgrado.

## FlorAmérica Ltda

### Oficina

Calle 93 No. 19-25

Teléfono: 57-1-6184677 - 57-1-8257768

Email: [idea.ventas@famerica.sbf.com.co](mailto:idea.ventas@famerica.sbf.com.co)

### Perfil

Empresa floricultora

### Tecnologías empleadas

Biotecnologías tradicionales de cultivo. Micropropagación, saneamiento, etc.

### Productos y servicios

Flores tipo exportación, material de propagación

### Aplicaciones

Material de propagación y producción

### Alianzas

Productores de flores y banano

### Demandantes

Agricultores

### Oferentes

Proveedores de material vegetal

### Contactos

Julio Amador

### Datos de la empresa

Fundación:

Número de empleados: 1.000

### Experiencia biotecnológica

Cultivo de tejidos, biocontroladores

### Mercados

Datos no disponibles

## Histolab Ltda.

### Dirección

Calle 26 No. 37-28. Santafé de Bogotá.  
Teléfono: 57-1-3684994 - Fax: 57-1 3684987  
Email: [histolabcm@openway.com.co](mailto:histolabcm@openway.com.co)

### Perfil

Empresa de base biotecnológica dedicada a la producción de sistemas de diagnóstico y medios de cultivo.

### Tecnología empleadas

Anticuerpos monoclonales  
Técnicas microbiológicas

### Productos y servicios

Sistemas de diagnóstico  
Medios de cultivo  
Fabricación de productos bajo pedido

### Aplicaciones

Biología molecular y celular, extracción de proteínas, microbiología.

### Alianzas

Datos no disponibles

### Demandantes

Inversionistas, ampliación de instalaciones, mejoramiento de estándares de calidad  
Clientes extranjeros

### Oferentes

Ver productos y servicios

### Contactos

Camila Monroy  
Jefe de laboratorio

### Datos de la empresa

Fundación:	1988
Número de empleados:	
Participación estatal:	0%
Participación extranjera:	0%
Participación nacional:	100%

### Experiencia en biotecnología

Anticuerpos monoclonales, fusión celular, purificación de proteínas, desarrollo y producción de medios de cultivo.

### Mercados

Clínicas y hospitales, bancos de sangre, laboratorios clínicos, centros de investigación, facultades de medicina, microbiología y biología, industria farmacéutica, cosmética y alimenticia.

**Laboratorio de Bioquímica y Toxicología Ambiental,  
Instituto de Ciencias Biomédicas.  
Facultad de Medicina, Universidad de Chile**

**Oficina**

Dirección: Independencia 1027, P.O.BOX 70086, Santiago 7, Santiago-Chile  
Teléfono: 56-2 6786061- 6786068 - Fax: 56-2 7356373  
Email: [lgil@machi.uchile.med.cl](mailto:lgil@machi.uchile.med.cl)

**Perfil**

Investigación en la relación genes-medio ambiente.

**Tecnologías empleadas**

Cromatografía (HPLC), ensayos de mutagenicidad, PCR, electroforesis.

**Productos o servicios**

Análisis de contaminantes orgánicos del aire. Detección de polimorfismos genéticos en humanos.

**Aplicaciones**

Estudios de exposición humana a contaminantes ambientales.  
Susceptibilidad por exposición a carcinógenos.

**Alianzas**

Proyectos de colaboración en investigación con laboratorios de: Alemania, Inglaterra, Francia, Italia.

**Demandantes**

Empresas privadas y públicas.

**Oferentes**

Datos no disponibles

**Contactos**

Dr. Lionel Gil

**Datos de la entidad**

Fundación:	1989
Número de empleados:	7
Participación estatal:	Institución Estatal Financiada por el sector público y privado.
Participación extranjera:	0%
Participación nacional:	0%

**Experiencias en biotecnología**

Utilización de kit de diagnóstico para enfermedades humanas

**Mercados**

Datos no disponibles

## **Levapan S.A.** **Compañía Nacional de Levaduras Levapan**

### **Oficinas**

Dirección: carrera 27a No. 40-470  
Teléfono: 57-2 2241688 - Fax: 57-2 2242131  
Email: [levapan1@teletulua.com.co](mailto:levapan1@teletulua.com.co)  
Página web: [www.levapan.com](http://www.levapan.com)

### **Perfil**

Empresa de alimentos

### **Tecnologías empleadas**

Fermentación, panificación, fraccionamiento celular, enzimática, hidrólisis química, biología molecular, tratamiento de aguas residuales.

### **Productos y servicios**

Levadura para panadería (fresca, activa seca e instantánea), extracto de levadura (exlv 3111, exlv 2111, exlv-ls 2111, exlv-ls 3111, exlv-vls 2111, exlv-vls 3111, hnlv-2111r2, hnlv-3111 r2, hnlv-2111 r3, hnlv-3111 r3, hnlv-ls-3111 r2, hnlv-ls 3111 r3) pared celular de la levadura (pct), sabores de reacción (spc-15-2111, spp-20-2111, flavorin 20, flavorin 21, flavorin 42, flavorin , src-e 3111), proteína vegetal hidrolizada (pvhm 1111).

### **Aplicaciones**

Panaderías, sopas deshidratadas, salsas, concentrados para animales, acuicultura, fermentaciones (para medios de cultivo).

### **Alianzas**

Instituto de fermentaciones de Berlín, consultoría por parte de una firma austríaca.

### **Demandantes**

Industria de panificación,  
Industria nutracéutica,  
Industria alimentaria cárnica en general,  
Industria de alimentación animal, salsamentarias,  
Industria de fermentaciones.

### **Oferentes**

Fleischmann,  
Red Star, Gist Brocades,  
DHw,  
Universal Foods,  
Lallemand.

### **Contactos**

Hector Adolfo Meza  
Alfonso García llanos  
Gloria Mabel Zapata Botero.

(Continuación Levapan S.A.)

**Datos de la empresa**

Fundación:	1952
Número de empleados:	800
Participación estatal:	0%
Participación extranjera:	0%
Participación nacional:	100%

**Experiencia biotecnológica**

Procesos biotecnológicos fermentativos, tecnología enzimática (inmovilización de enzimas), procesos de tratamiento de aguas residuales.

**Mercados**

Colombia, Centroamérica, USA, Hong Kong, Korea, Japón, Bélgica, Francia, Alemania, Inglaterra, Mercosur, Canadá.

## Sucromiles S.A.

### Oficina

Dirección Recta Cali-Palmira km 17  
Teléfono 4310 500 /4310 753 - Fax 4444 5559 / 444 5554  
Email: [ggnecco@sucromiles.com.co](mailto:ggnecco@sucromiles.com.co)

### Perfil

Empresa productora de materias primas para otras industrias

### Tecnologías empleadas

Biotecnología, procesos químicos, operaciones unitarias

### Productos y servicios

Ácido cítrico, etanol, solventes orgánicos (acetatos o "thinneres"), ácido acético, gas carbónico, yeso, carbonato de calcio, citrato de sodio, citrato de calcio, micelio, crema de levadura, fertilizantes, vinagre.

### Aplicaciones

Industria alimenticia, impresión, industria química.

### Alianzas

Líquido Carbónico, Bioorgánicos, Hoechst, Union Carbide

### Demandantes

No disponible

### Oferentes

Ácido cítrico, etanol, solventes orgánicos (acetatos o "thinneres"), ácido acético, gas carbónico, yeso, carbonato de calcio, citrato de sodio, citrato de calcio, micelio, crema de levadura, fertilizantes, vinagre.

### Contactos

Jaime Colmenares  
Gerente General

### Datos de la empresa

Fundación:	1971
Número de empleados:	380
Participación estatal:	0%
Participación extranjera:	51%
Participación nacional:	49%

### Experiencia biotecnológica

Manejo de 4 fermentaciones como base de sus procesos productivos a partir de azúcar y melaza: ácido cítrico, etanol, vinagre, aguas residuales. Desarrollo actual de compostaje de residuos y manejo de efluentes gaseosos por biofiltración en colaboración con Levapan y Corporación Biotec.

### Mercados

Grupo Andino, Caribe, Mercosur





**ANEXOS**



# TALLER DE INTERCAMBIO DE EXPERIENCIAS EN BIOTECNOLOGÍA Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN EMPRESA DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

## AGENDA

### Organizadores

Coordinación Nodo Colombia. Sistema de Información Especializado en Biotecnología y Tecnología de Alimento, Simbiosis.

Programa Nacional de Biotecnología. Colciencias, Instituto para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, Francisco José de Caldas. Colombia

Organización de los Estados Americanos. OEA. Oficina de Ciencia y Tecnología. Washington. USA

Lugar: Auditorio Colciencias. Transversal 9a. No. 133-28. Santafé de Bogotá. Colombia.

Fecha: Diciembre 16 y 17 de 1999

### Diciembre 16 de 1999

- |                |  |
|----------------|--|
| 8:30 am        | Acto de inauguración<br><br>Palabras del Dr. Héctor Herrera. Oficina de Ciencia y Tecnología. OEA, Washington D.C.<br><br>Palabras del Dr. Gerardo Martínez. Subdirector Programas de Desarrollo Científico y Tecnológico. Colciencias. Colombia |
| 9:00 am        | Introducción al Taller. Rafael H. Aramendis R. Programa Nacional de Biotecnología. Colciencias. Colombia   |
| 9:30-10:00 am  | Empresas de base biotecnológica y mecanismos recientes de transferencia. Diana Restrepo. Cepco. Venezuela  |
| 10:00-10:30 am | <b>Panel 1: Salud humana</b><br>BioSidus. Carlos Melo, Argentina   |
| 10:30-11:00 am | Biominas. Valéria Judice. Brasil   |
| 11:00-11:30 am | Receso   |
| 11:30-12:00 m  | Biosonda. Alfredo De Loannes. Chile  |
| 12:00-2:00 pm  | Almuerzo   |
| 2:00-2:30 pm   | CorpoGen. Patricia Del Portillo. Colombia  |
| 2:30-3:00 pm   | Histolab. Camila Monroy, Colombia  |

3:00-3:45 pm	Discusión de temas expuestos
3:45-4:15 pm	Receso
4:15-4:45 pm	<b>Panel 2: Sector alimentos</b> University of the West Indies. Gail Bacchus Taylor. Trinidad y Tobago
4:45-5:15 pm	Levapan, Gloria Mabel Zapata, Colombia
5:15-6:00 pm	Discusión de temas expuestos

**Diciembre 17 de 1999**

8:30-9:00 am	<b>Panel 3: Sector ambiente e industria</b> Universidad Autónoma de México. Antonio Galán, México
9:00-9:45 am	Universidad de Chile. Lionel Gil, Chile
9:45-10:15 am	Receso
10:15-11:00 am	Sucromiles. Gonzalo Gnecco, Colombia
11:00- 11:30 am	Bavaria. Isabel Cristina Gutiérrez. Colombia
11:30-12:00 m	Discusión de temas expuestos
12:00-2:00 pm	Almuerzo
2:00-2:45 pm	<b>Panel 4: Sector agrícola</b> C.A. La Pastora. Eligio Silva, Venezuela
2:45-3:30 pm	Carlos Fukuda. César Olivera Arteaga, Perú
3:30-4:15 pm	Floramérica S.A. Amanda Vargas. Colombia
4:15-4:45 pm	Discusión de temas expuestos
4:45-5:15 pm	Receso
5:15-6:00 pm	Conclusiones
6:00 pm	Acto de clausura





Este libro inició su proceso de edición en diciembre de 1999,  
el mismo finalizó en abril del 2000.  
Se terminó de imprimir en junio del 2000  
en los talleres de Tercer Mundo Editores, División Gráfica.  
PBX (571) 312 6816. Fax (571) 212 5976  
E-mail: [tmundoed@polcola.com.co](mailto:tmundoed@polcola.com.co)  
Santafé de Bogotá, Colombia



**COLCIENCIAS**

Transversal 9A No. 133-28

Teléfono: (571) 2169800 Fax: (571) 6251788  
A.A. 051580

Programa Nacional de Biotecnología

<http://www.colciencias.gov.co/simbiosis/>  
[simbiosis@colciencias.gov.co](mailto:simbiosis@colciencias.gov.co)