



COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA  
Y EL CARIBE



ORGANIZACIÓN MUNDIAL  
DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

## REUNIÓN REGIONAL OMPI-CEPAL DE EXPERTOS SOBRE EL SISTEMA NACIONAL DE INNOVACIÓN: PROPIEDAD INTELECTUAL, UNIVERSIDAD Y EMPRESA

organizada conjuntamente por  
la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI)  
y  
la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

**Santiago, 1 a 3 de octubre de 2003**

INCUBADORAS DE EMPRESAS Y CREACIÓN DE EMPRESAS DE  
BASE TECNOLÓGICA: 1) CREACIÓN DE EMPRESAS *SPIN-OFF*  
POR PARTE DE INVESTIGADORES UNIVERSITARIOS

*Documento preparado por el Sr. Adalberto Noyola, Investigador Titular,  
Subdirector de Hidráulica y Ambiental, Instituto de Ingeniería, Universidad  
Nacional Autónoma de México (UNAM), México D.F.\**

---

\* Las opiniones expresadas en este documento son las del autor y no representan necesariamente las de la OMPI y/o las de la CEPAL.



## I. DESARROLLO TECNOLÓGICO, VINCULACIÓN UNIVERSIDAD – EMPRESA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA: UNA EXPERIENCIA EN EL MERCADO AMBIENTAL MEXICANO

### A. Introducción

1. Por regla general y con contadas excepciones, históricamente los países latinoamericanos han basado su desarrollo industrial en la importación de tecnologías de los países desarrollados. Patrones económicos, políticos, sociales y culturales han hecho que esta tendencia permanezca, lo que ha generado desinterés para invertir en investigación y desarrollo de tecnologías propias, plantas productivas en muchos casos sin capacidad para competir en el mundo globalizado, cultura de “malinchismo” y una marcada dependencia tecnológica, entre otros factores.
2. Dentro de este contexto, es obvio que las oportunidades comerciales que ofrece el nuevo esquema de organización mundial no son favorables para los países de la región, ya que ven limitada su participación a ser productores de materias primas y maquiladores (ensambladores) de productos con tecnología y en buena medida con componentes extranjeros.
3. Ante el desinterés del sector industrial para invertir en investigación y desarrollo de tecnologías, las universidades y centros de investigación públicos han tomado a su cargo, con sus propias limitaciones, estas importantes y estratégicas tareas, aun con su permanente escasez presupuestal y en ausencia de una política nacional de desarrollo industrial integradora y de largo plazo.
4. En el aparato académico universitario público es posible llevar a cabo proyectos tecnológicos puesto que existe una masa crítica de individuos entrenados en labores de investigación y desarrollo en diversos campos del conocimiento, aspecto que se constituye en definitiva, como una de las principales fortalezas sobre la cual se puede construir el éxito de un proyecto de vinculación en los países de la región.
5. Para ello, las universidades han buscado desarrollar sistemas y apoyos para incentivar a su personal académico a incursionar en terrenos en buena medida desconocidos, como son la vinculación con el sector industrial y el mundo empresarial. Esta tarea se hace más compleja al constatar que la cadena de actores involucrados en llevar una investigación desde el laboratorio hasta su fase comercial se encuentra desarticulada o simplemente no existen ciertos eslabones. En consecuencia, el investigador, con el apoyo del órgano universitario encargado de la vinculación, cuando existe, debe incursionar en actividades que no domina, aspecto que reduce las probabilidades de éxito para alcanzar la meta, la transferencia y la comercialización de la tecnología o del dispositivo innovador.
6. En este trabajo se presenta una experiencia de desarrollo tecnológico desde laboratorios universitarios hasta la aplicación a escala industrial. La tecnología desarrollada consiste en un sistema para el tratamiento de aguas residuales y atiende al mercado de la infraestructura ambiental. Este hecho incorpora un elemento adicional de gran importancia, que es la normatividad o regulación ambiental y la voluntad política de aplicarla, ya que es el factor que detona o inhibe el mercado de tales tecnologías.

## B. Contexto tecnológico: la vía biotecnológica en el tratamiento de aguas residuales

7. El agua, al ser utilizada, incorpora diversas sustancias en forma suspendida, coloidal o disuelta que contaminan y degradan su calidad o pureza. Un agua contaminada necesariamente tendrá restricciones en cuanto a sus posibles usos y podrá implicar riesgos a la salud y cambios en el equilibrio ecológico del cuerpo receptor. Por ello, es necesario eliminar, por medio de un proceso de tratamiento, las sustancias que la contaminan y la hacen inadecuada para su descarga en el ambiente o para su reuso.

8. Para el tratamiento de aguas residuales o contaminadas existen diversos procesos y operaciones unitarios que con una adecuada selección y combinación, pueden resolver la mayoría de las necesidades de disposición final o reaprovechamiento. En términos muy generales, existen procesos fisicoquímicos y procesos biológicos. Los primeros hacen uso de las diferencias en ciertas propiedades entre el contaminante y el agua (operaciones de sedimentación y flotación, por ejemplo) o -mediante la adición de reactivos- cambian la forma del contaminante a una más fácil de separar del agua, o bien inofensiva. Por su parte, los segundos utilizan microorganismos que se alimentan de la materia orgánica contaminante y con ello, la eliminan del agua en forma de nuevas células o de gases, que pueden separarse más fácilmente del agua en tratamiento. Se puede considerar que las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo en estos procesos son las mismas que se realizan en el medio natural (río, lago, suelo, etc.), sólo que en forma controlada dentro de tanques o reactores y a velocidades de reacciones mayores.

9. Por cuestiones técnicas y económicas, los procesos fisicoquímicos se aplican predominantemente en el tratamiento de aguas con contaminantes inorgánicos, materia orgánica no biodegradable o compuestos tóxicos para los microorganismos. Por su parte, los procesos biológicos se emplean cuando los principales contaminantes son orgánicos biodegradables, así como algunos aniones inorgánicos (nitratos, nitritos, sulfatos, sulfuros, fosfatos). De esta manera, y salvo muy contadas excepciones, los desechos líquidos de la industria alimentaria, la agroindustria, algún tipo de petroquímica y farmacéutica, así como las aguas negras municipales, son tratados por vía biológica. El hecho de utilizar una herramienta disponible en la naturaleza -los microorganismos- hace que, técnica y económicamente, los procesos biotecnológicos sean más adecuados para manejar este tipo de desechos.

10. La aplicación de procesos biológicos en el tratamiento de desechos orgánicos remonta al siglo XIX, cuando sistemas rústicos como la fosa séptica comenzaron a ser utilizados para el control de la contaminación y de los riesgos sanitarios asociados. Posteriormente, en los inicios del siglo XX nuevos procesos fueron desarrollados sobre bases puramente empíricas, como el sistema conocido de lodos activados. Es hasta mediados del pasado siglo que las bases teóricas comenzaron a ser planteadas, al utilizarse los resultados de investigaciones sobre crecimiento bacteriano y fermentaciones. Hoy en día, el avance en el conocimiento de los fundamentos y en la aplicación de los procesos biotecnológicos para el tratamiento de residuos orgánicos es considerable. A ello ha contribuido el auge de la biotecnología en general y la necesidad de ejercer cada vez un control más estricto sobre los procesos de tratamiento, ante una legislación más severa sobre la descarga de efluentes contaminantes, ya sean municipales o industriales.

11. La biotecnología ambiental aplicada al tratamiento de agua cuenta con un número importante de procesos, que pueden clasificarse en dos grandes grupos: aerobios y anaerobios. Esto se traduce en sistemas muy diferentes entre sí, tanto en su microbiología, como en sus aplicaciones, su ingeniería y su control. El medio aerobio tiene oxígeno disuelto y el medio anaerobio no lo tiene.

12. Se conoce como digestión anaerobia a la transformación bacteriana, en ausencia de oxígeno, de residuos orgánicos, líquidos o semisólidos, a metano. Esta transformación se lleva a cabo mediante la hidrólisis y la conversión de sustancias de naturaleza orgánica en productos intermedios para llegar finalmente a la mezcla gaseosa llamada biogás, compuesta por metano y dióxido de carbono, principalmente. Ciertas características de la digestión anaerobia la hacen particularmente atractiva en el contexto actual, donde el uso eficiente de recursos y la necesidad de integrar mejor los flujos de materia y energía, son elementos importantes del llamado desarrollo sustentable (Noyola, 1995).

13. Dado que los microorganismos son los responsables de llevar a cabo un proceso biológico, sus características metabólicas determinarán el tipo de aplicación, las mejoras y desventajas del proceso en cuestión y sus respectivas implicaciones prácticas. Por un lado, la vía anaerobia produce pocos lodos (células), mientras que la aerobia genera una cantidad aproximadamente cinco veces mayor, con los consecuentes costos de tratamiento y disposición de lodos de purga. Por otro lado, la energía contenida en el metano puede ser utilizada como energía calorífica directamente o transformada a mecánica o eléctrica según las necesidades existentes en el sitio. Otro punto es que el proceso aerobio requiere el suministro de oxígeno, lo que representa un costo energético importante. Es así que mientras el proceso anaerobio es un productor neto de energía, el proceso aerobio la consume. Esta tendencia se acentúa en los casos en que los lodos de purga de la planta aerobia son digeridos aeróbicamente, lo que implica un nuevo costo energético. Por lo tanto, se puede considerar la vía anaerobia como altamente eficiente en la conservación de energía, mientras que en la aerobia integral (agua y lodos) el dispendio energético es considerable. Sin duda, un análisis de costos de energía da elementos suficientes para seleccionar el proceso anaerobio para tratar aguas residuales industriales de mediana y alta concentración de materia orgánica biodegradable.

14. Cabe mencionar las desventajas de los procesos anaerobios en relación con los aerobios. Los efluentes tratados por vía anaerobia pueden requerir un postratamiento, ya que conservan aún cierto contenido de materia orgánica y no tiene oxígeno disuelto. La necesidad de realizar el postratamiento estará determinada por las condiciones particulares de descarga que le hayan sido fijadas a la industria o municipio. En la mayoría de los casos, el postratamiento será aerobio, dando por resultado un proceso combinado altamente eficiente en la remoción de los contaminantes, con cierto grado de autosuficiencia energética si se aprovecha el biogás y con costos de inversión, operación y mantenimiento menores que los de un proceso totalmente aerobio.

### C. Contexto de mercado: normatividad e infraestructura de tratamiento de aguas residuales en México

15. Durante varios lustros, el país ha soportado la degradación de sus cuerpos de agua, la deforestación de sus campos y montañas, la acumulación de desechos sólidos y gaseosos en sus centros urbanos, entre otros fenómenos propios de un crecimiento económico poco

respetuoso de la naturaleza y de sus recursos. Es hasta años recientes, en los inicios de la década de 1990, que México enfrentó con mayor rigor los problemas relacionados con el control de la contaminación y la preservación del ambiente, mediante una política ambiental, cuya aplicación, sin embargo, ha estado sujeta a los vaivenes del desempeño de la economía nacional.

16. En materia de control de la contaminación del agua, la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales con que cuenta el país es aún limitada, por lo que gran parte está por construir. Como cifras de referencia, la Comisión Nacional del Agua (2001) estimó que la generación de aguas residuales de origen municipal en el año 2000 fue de 260 metros cúbicos por segundo, de los cuales se captaron por sistemas de drenaje el 76.2% (200 m<sup>3</sup>/s) y el resto (60 m<sup>3</sup>/s) se evacuaron directamente al ambiente, en las inmediaciones de las zonas habitadas. En ese año se contaba con 1018 plantas municipales de tratamiento con una capacidad total de 75.9 metros cúbicos por segundo (29% del total generado). Sin embargo, esta capacidad instalada no estaba toda en operación y durante ese año solo se trataron 45.9 metros cúbicos por segundo (60% de la capacidad instalada y 18% del caudal total generado). En el sector industrial y para el mismo 2000, las cifras son del orden de 170 metros cúbicos por segundo como caudal total, con 1479 plantas de tratamiento construidas de capacidad total de 41.5 metros cúbicos por segundo (24% del total). De estas, 1399 plantas se reportan en operación, con un caudal de 25.3 metros cúbicos por segundo (15% de la descarga total y 60% de la capacidad instalada) aunque solo 504 plantas (8.7 m<sup>3</sup>/s) cumplieron con la calidad de agua tratada requerida por la autoridad ambiental.

17. En este contexto de grandes rezagos, el país adoptó una nueva actitud al final de la década de los ochentas, en buena parte por la firma del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (NAFTA, por sus siglas en inglés) y por una mayor conciencia y participación de la sociedad civil, que condujo al gobierno a adoptar una voluntad política para hacer cumplir las leyes y reglamentos en materia ambiental, que habían sido en gran medida letra muerta.

18. El cambio en la política ambiental, acompañado de nuevas normas y de reglamentos, abrió un mercado importante para la aplicación de tecnologías de control de la contaminación. Desafortunadamente, la crisis económica que enfrentó México en 1995 rompió ese impulso, el cual no ha sido recuperado hasta la fecha.

19. La falta de aplicación de la normativa y sus implicaciones en el mercado ambiental son directas e inmediatas. Es este un caso claro en que la falta de rigor en instrumentar regulaciones legales, a lo que los gobiernos están obligados, provoca que el mercado asociado se desplome hasta los límites de su desaparición, con implicaciones muy graves. En efecto, este hecho hace que, a pesar de las demandas, no se concreten oportunidades de negocio para las empresas en ese mercado, lo que pone seriamente en riesgo su permanencia, se desarticule la capacidad técnica especializada y se continúe con la degradación del ambiente y sus recursos naturales. El posponer la protección ambiental tiene costos tanto inmediatos en salud pública y calidad de vida, como futuros por el incremento de los pasivos ambientales. Aparentemente, estos no han sido argumentos de peso para revertir la omisión gubernamental de hacer cumplir leyes y reglamentos en materia ambiental.

20. El número de empresas con servicios o tecnología enfocada a la protección ambiental en México se ha reducido drásticamente en los últimos años, después del enorme incremento que se registró en los primeros años de la década pasada. Muchas empresas extranjeras que

instalaron oficinas o representaciones se vieron obligadas a cerrarlas por la baja demanda de sus servicios. Las empresas mexicanas tuvieron un comportamiento similar, con sus técnicos especializados obligados en buena medida a reconvertirse a otros campos profesionales

21. Como resultado, las enormes necesidades de infraestructura y equipamiento para el control ambiental en el país continúan creciendo. Frente al reto, es necesario desarrollar nuevas respuestas, incluyendo las tecnológicas, para poder dar solución al rezago ambiental con un enfoque que tome en cuenta las posibilidades y las limitaciones del entorno Latinoamericano. Es en este el contexto que el presente trabajo se llevó a cabo.

#### D. Desarrollo y transferencia de una tecnología anaerobia nacional

22. Entre las tecnologías anaerobias actualmente disponibles en el mercado, sin duda las basadas en el concepto de lecho de lodos granulares, desarrollado por Lettinga en Holanda en los años setenta, son las más aplicadas (Lettinga y Hulshoff Pol, 1991). El concepto UASB (*upflow anaerobic sludge blanket*) tiene ventajas sobre otras tecnologías anaerobias ya que no requiere medio de soporte (como el filtro anaerobio) y que puede 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, México incluido, en lo que a reactores anaerobios se refiere (Borzacconi y López, 1994; Noyola y Monroy, 1994; Monroy *et al.*, 2000).

23. Si bien los procesos anaerobios para la digestión de lodos de plantas de tratamiento existen desde hace más de medio siglo, en México no se contaba con ninguna experiencia. El único digestor había sido construido en 1956 en una planta de lodos activados de tipo municipal, pero nunca fue puesto en marcha.

24. Durante el año de 1986, el grupo de investigación inicial se estableció en la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa (UAM-I) con la colaboración estrecha del Instituto de Investigación para el Desarrollo, agencia francesa de cooperación internacional (ORSTOM ahora IRD). Un año después, 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.

25. Pese a que cada una de las instituciones de investigación involucradas (ORSTOM, UAM y UNAM) desarrollaron y mantienen la línea de trabajo sobre la el tratamiento anaerobio de aguas residuales, para 1988 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 (Galán y Noyola, 2001).

26. Como resultado de esta etapa de colaboración institucional, se obtuvieron dos patentes mexicanas y se transfirió la tecnología del reactor anaerobio a nueve empresas consultoras mexicanas. En este grupo, el Instituto de Ingeniería dedicó un mayor esfuerzo a la documentación y transferencia de la tecnología, con apoyo del entonces Centro para la Innovación Tecnológica (CIT) de la UNAM.

27. El Centro para la Innovación Tecnológica de la UNAM se formalizó en 1985 y fue creado como la Dirección General de Desarrollo Tecnológico en 1983 para promover la transferencia de los resultados de investigaciones universitarias hacia el sector productivo, en

la forma de paquetes tecnológicos formales. Para ello, proporcionaba entre otros servicios asesoría en el establecimiento de estrategias de propiedad intelectual, apoyo en la redacción y trámite de patentes y marcas, asesoría en la preparación de contratos en materia tecnológica y en la negociación de los mismos, gestión del proceso de transferencia hacia el sector privado, además de servicios al exterior de la UNAM como la identificación de necesidades tecnológicas y el desarrollo de auditorías tecnológicas en el sector privado, búsqueda y selección de opciones tecnológicas, entre otros. El CIT fue disuelto en 1997, al reorientarse la política de la UNAM en materia de vinculación con el sector privado, dando como resultado la pérdida de la experiencia acumulado a lo largo de más de 10 años y de la posición de liderazgo que empezaba a afianzarse en América Latina.

28. Los contratos de transferencia de tecnología, pactados con una vigencia de 10 años, especificaban el alcance de la transferencia, con un concepto de paquete tecnológico, que comprendía lo siguiente:

- Licenciamiento no exclusivo de patente(s).
- Licenciamiento de 3 programas de cómputo para apoyo en el diseño.
- Manual de diseño de ingeniería básica.
- Guía para arranque e inoculación del reactor anaerobio.
- Licenciamiento exclusivo de marca, seleccionada por la licenciataria, pero propiedad de la UNAM.
- Capacitación y asesoría técnica, durante los primeros proyectos.

29. Destacan como resultado de la gestión tecnológica que llevó a cabo el CIT-UNAM, el manejo de la propiedad industrial que condujo a la elaboración, trámite y concesión de las siguientes patentes mexicanas y derechos de autor:

- Patente Mexicana N° 172965 concedida en enero de 1994: *Reactor de flujo ascendente para el tratamiento de aguas residuales por vía anaerobia o anóxica* (Noyola, 1994).
- Patente Mexicana N° 173685 concedida en marzo de 1994: *Tecnología relativa al proceso de producción de lodos inóculos para reactor UASB* (Noyola et al., 1994).
- Registro de Derecho de Autor de tres programas de cómputo para el diseño y arranque de reactores UASB: 18635/92, 18636/92 y 18637/92

30. Asimismo, se registraron las siguientes marcas: BIODAAR® (1991), BIOIMA® (1992), BIODAN® (1992) y BIOSOLAR® (1993). Las marcas referidas, propiedad de la UNAM, 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.

31. Además de lo anterior, en fechas recientes, el grupo del Instituto de Ingeniería de la UNAM ha desarrollado y patentado las siguientes tecnologías o equipos:

- Patente Mexicana N° 199659, concedida en noviembre 2000: *Remoción biológica de materia orgánica y nitrógeno por medio de un sistema anaerobio-anóxico-aerobio en tanques separados* (Noyola et al., 2000)

- Patente Mexicana No. 988995, concedida en octubre 2001: *Microplanta de tratamiento de aguas residuales para pequeños flujos*. Esta patente también cuenta con los siguientes registros: Patente Americana No. US 6,210,578 B1, concedida en abril de 2001 y Patente Canadiense No. 2,287,998, concedida en abril 2000 (Noyola y Morgan 2000)

32. Es necesario enfatizar el hecho de que la UNAM, para este caso, optó por una política de licenciamiento no exclusivo, como decisión estratégica para no limitar la aplicación de la tecnología en un mercado potencial de amplias dimensiones y que no podría ser cubierto por una sola compañía con el monopolio de la licencia. Solo en dos ocasiones se limitó el área geográfica para explotar la tecnología.

33. A grandes rasgos, las etapas iniciales del proyecto pueden marcarse como sigue (Noyola, 1999):

- Integración del grupo de investigación (II-UNAM, UAM-I, ORSTOM)
- Solicitud patente reactor anaerobio (otorgado en 1994)
- Solicitud patente producción de lodos anaerobio para inóculo (otorgado en 1994)
- Primer contrato de transferencia de tecnología y construcción reactor a nivel de demostración (50 m<sup>3</sup>)
- Convenio UNAM-UAM para la explotación de la tecnología por vías independientes
- Segundo contrato de transferencia de tecnología
- Primer reactor industrial (maltería, 2400 m<sup>3</sup>)
- Tercero y cuarto contratos de transferencia de tecnología
- Quinto y sexto contratos de transferencia de tecnología
- Segundo y tercero reactores industriales (cervecería, 4800 m<sup>3</sup> y frituras de maíz, 300 m<sup>3</sup>)

34. A la fecha se han construido más de 20 plantas de tratamiento de aguas residuales de muy diversos tamaños, tanto de origen municipal como industrial; las más representativas se detallan en la Tabla 1. Las fuentes de financiamiento que apoyaron este desarrollo, además de las propias de las instituciones involucradas, provinieron de fondos de investigación de la Organización de Estados Americanos (OEA) en dos bienios, 1985-1988; de la Comunidad Económica Europea, 1989-1990, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y en mucho menor medida de los usuarios reales o potenciales.

35. Se debe mencionar que la aceptación de la tecnología anaerobia en México ha sido 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, para desarrollar una tecnología anaerobia nacional con credibilidad, había que enfrentar problemas técnicos pero también de percepción e ignorancia por parte del usuario potencial, labor en la que contribuyeron las empresas licenciatarias al darle el apoyo de promoción y venta necesario.

36. Las compañías licenciatarias de la tecnología universitaria fueron, con excepción de una, muy pequeñas y de reciente creación. Para ellas, la tecnología anaerobia nacional constituyó un producto diferente, relativamente nuevo en el mercado nacional, en donde la competencia directa era la tecnología extranjera de costo mayor. Este hecho les permitiría situarse en el mercado ambiental mexicano, lo que con tecnologías convencionales

difícilmente lograrían, dada la existencia de compañías nacionales con años de experiencia en el campo del tratamiento de aguas. En contraste, las empresas grandes de ingeniería y construcción no se interesaron por la tecnología, a pesar de la promoción que realizó el grupo de investigación. Por lo general, estas empresas obtienen acuerdos de asistencia técnica y tecnológica con firmas de ingeniería y fabricantes de equipo del extranjero.

37. Debe señalarse, sin embargo, que la situación del mercado ambiental mexicano, muy poco consolidado y sujeto a vaivenes políticos y económicos, ha llevado a algunas de las empresas licenciatarias a cerrar o bien a redirigir su línea de negocio. Aunado a lo anterior, los primeros contratos de transferencia tecnológica ya han vencido o están por hacerlo, dada su duración de 10 años.

38. TABLA 1.- Plantas de tratamiento representativas instaladas con tecnología anaerobia UNAM/UAM.

Cliente/Lugar	Agua Residual	Volumen Reactor (m <sup>3</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	Licenciataria	Año
UAM-I/ México D.F.	Municipal	50	150	Descontaminación	1990
Central de Malta/Puebla, Mex	Maltería	2 400	3 800	IMASA	1992
Cervecería Cuauhtémoc /Toluca Mex	Cervecera	4 800	9 072	IMASA	1993
Barcel /Toluca Mex	“Snacks” o botanas	300	600	Energía y Ecología	1993
Cervecería Cuauhtémoc - Navojoa, Mex	Cervecera	1 800	5 400	IMASA	1994
Liconsal/ Edo. de México	Rehidratación de leche	170	345	TACSA	1994
Xcaret/Quintana Roo Mex	Doméstica	50	150	ECORED	1996
Ricolino / SLP, Mex	Dulces y golosinas	400	173	IBTech	1997
Quechultenango/ Guerrero, Mex	Municipal	380	1 300	IBTech	1997
Tereftalatos Mexicanos /Cosoleacaque Mex	Ácido tereftálico	17 000 (adaptación)	5 520	IBTech	1997
Compañía Cervecerías Unidas / Temuco, Chile	Cervecera	1 300	3 500	IBTech	1999
Cervecería Santa Fe/ Santa Fe, Argentina	Cervecera	1 300	4 000	IBTech	2000
Barcel / Torreón Mex.	“Snacks” o botanas	300	520	IBTech	2001

### E. Creación de una empresa de base tecnológica en la UNAM

39. Una evaluación temprana de la experiencia en la transferencia de la tecnología anaerobia, en 1994, identificó que las empresas licenciatarias no habían incurrido en competencia por un proyecto, lo que confirmó la validez de la decisión de otorgar licencias en forma no exclusiva. Así mismo, se encontró, a juicio del grupo universitario, que las licenciatarias no tenían una promoción comercial activa y que los contactos captados por el Instituto de Ingeniería y dirigidos hacia alguna de las empresas, no eran en ocasiones atendidos adecuadamente, lo que resultaba en pérdida de oportunidades de negocio y de aplicaciones de la tecnología. Incluso, en una ocasión se presentó un problema entre un cliente y una empresa licenciataria, conflicto en donde el grupo tecnólogo de la UNAM se vio involucrado más allá del alcance señalado en el contrato de transferencia de la tecnología.

40. Ante tales circunstancias, el grupo académico optó por una nueva vía de transferencia tecnológica, a través de la formación de una empresa propia, con la base tecnológica desarrollada por si mismos (*spin-off*). Para ello, se recurrió al Sistema Incubador de Empresas Científicas y Tecnológicas (SIECyT), programa incubador dentro de la política de vinculación de la UNAM, ahora suspendido, tal como sucedió con el Centro para la Innovación Tecnológica (CIT – UNAM).

41. Como resultado, el 18 de enero de 1995 se constituyó formalmente la empresa de base tecnológica IBTech S.A. de C.V. ([www.ibtech.com.mx](http://www.ibtech.com.mx)), la cual empezó a trabajar en instalaciones del Instituto de Ingeniería, con quién suscribió un contrato de colaboración. En su momento surgieron reticencias por parte de la oficina de abogados de la UNAM para firmar este convenio ante un supuesto conflicto de intereses por el hecho de que académicos formaran parte de la empresa licenciataria.

42. Los accionistas de IBTech se integraron del medio académico (4) y del sector privado (3). Esta combinación se consideró de fundamental importancia para lograr un balance sinérgico entre la componente tecnológica y la de gestión empresarial. Sin embargo, en la práctica surgieron problemas de compatibilidad en cuanto a objetivos y medios para alcanzarlos.

43. Durante sus dos primeros años (1995 y 1996, precisamente los dos años más problemáticos de la crisis económica mexicana de esa década), la empresa permaneció en las instalaciones del Instituto de ingeniería y no tuvo una actividad importante en cuanto a la promoción de sus servicios y por ende al desarrollo de proyectos contratados. Los contratos que fueron desarrollados en ese tiempo, fueron logrados debido a los vínculos de los académicos con el sector industrial, sin una labor de mercadeo.

44. Al obtenerse el primer contrato importante, un proyecto llave en mano de una planta de tratamiento de aguas residuales industriales relativamente pequeña, se incrementó el número de ingenieros empleados y la empresa se trasladó a una oficina externa. El ejercicio de los recursos económicos y las políticas hacia el cliente y los proveedores llevaron al surgimiento de diferencias y conflictos, particularmente entre el grupo académico y el socio empresario que llevaba la administración. Tal situación se resolvió 3 años más tarde, con la separación de ese socio de la operación de la empresa. Como resultado de esta diferencia, la dirección de la empresa la tomó un socio académico, destinando para ello un año sabático (año 2000).

45. La empresa tuvo su máxima facturación en 2001, con ventas del orden de los 2 millones de dólares americanos; en los 3 años anteriores a esa fecha, las cifras se situaron entre 500.000 y 1.000.000 dólares. El nivel de facturación sin embargo se ha desplomado en 2002 y 2003, con cifras del orden de los 60.000 dólares anuales. Esta reducción es un claro resultado del relajamiento en la aplicación de la normatividad ambiental que se acentuó a raíz del atentado del 11 de septiembre de 2001, al frenarse el repunte en el crecimiento de la economía de los Estados Unidos, con efectos directos en la economía mexicana.

46. A pesar del contexto económico desfavorable, la empresa ha decidido conservar su planta de ingenieros, con costo sobre las utilidades generadas en ejercicios anteriores, ya que esta plantilla constituye su principal activo y el elemento de competitividad. La estructura de la empresa comprende en estos momentos 5 ingenieros de tiempo completo, uno de medio tiempo y tres personas en labores administrativas (administrador, auxiliar contable y servicio de limpieza y mensajería). Los esfuerzos en estos meses se han centrado fundamentalmente en la promoción y en la integración y presentación de ofertas a los escasos clientes potenciales, aparejados con trabajos menores en cuanto a monto facturado y alcance, pero que han permitido el flujo de dinero necesario para mantener el pago al personal.

#### F. Impacto del proyecto

47. El desarrollo de esta investigación en el seno universitario, orientada a la atención de la demanda de tecnologías para el control de la contaminación del agua, ha logrado ya productos tangibles y un prestigio en el ámbito nacional. Sin duda, parte del éxito se debió a un entorno favorable, que a su vez fue creado por la decisión gubernamental de aplicar las leyes y reglamentos ambientales. En contrapartida, la falta de este rigor ha impactado negativamente en las posibilidades de consolidación de las empresas licenciatarias.

48. 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 ajustado 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 y Argentina), 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.

49. A lo anterior, se puede agregar que IBTech ha establecido alianzas informales para presentar ofertas específicas en Chile, Colombia y Argentina, además de otros países en donde ha incursionado en forma individual (El Salvador, República Dominicana) sin éxito a la fecha.

50. En la práctica, el factor promotor de la legislación para fomentar un mercado de servicios tecnológicos ambientales ha tenido un comportamiento variable, que puede atribuirse a los vaivenes en el entorno económico. Esta situación ha llevado al sector industrial de país a responder irregularmente a los requerimientos previstos en la legislación

ambiental y posponer las inversiones en este rubro. Si bien la dimensión de la inversión para montar la infraestructura ambiental en las industrias fue positiva hacia fines de los 80's y principios de los 90's, a partir de 1995, como se ha mencionado, se vio severamente afectada por la devaluación del peso mexicano, repuntando ligeramente sólo hasta dos años después.

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

- Voluntad política para hacer cumplir las regulaciones ambientales.
- Mercado amplio, donde gran parte de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales está 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.
- Políticas de licenciamiento de patentes sin exclusividad.

52. La demanda de plantas anaerobias deberá seguir creciendo, en forma proporcional al grado de rigor en la aplicación de la normatividad ambiental. Con esta consideración y condicionante, se prevé un mercado competido pero suficientemente amplio para que toda firma de ingeniería competente, nacional o extranjera, logre ubicarse en él. A su vez, estas firmas y los usuarios requerirán apoyo técnico y personal capacitado para su diseño y operación, lo cual constituye otro campo importante para la vinculación universitaria con la industria.

#### G. Conclusiones

53. Las universidades y centros de investigación públicos tienen capacidades de investigación y desarrollo tecnológico con las que no cuentan otros sectores de los países de la región. Como resultado, ciertas oportunidades para poder incidir en la construcción de un desarrollo económico con menor dependencia extranjera pasan por el adecuado aprovechamiento de estos recursos mediante la vinculación eficaz de la universidad con la industria.

54. Sin embargo, pocas son las universidades que tienen articulado un adecuado sistema de apoyo y promoción de las actividades de vinculación en materia tecnológica. Como resultado, el investigador se ve obligado a incursionar en áreas que no domina, lo que limita las posibilidades para lograr la transferencia de la tecnología o del dispositivo innovador, lo que a su vez genera frustración y desinterés.

55. La biotecnología enfocada al control de la contaminación ambiental tiene un amplio campo de aplicación futura, en donde su impacto será cada vez más grande e integrado al modelo sustentable de desarrollo. Sin embargo, la demanda en el mercado ambiental está íntimamente supeditada a la voluntad política de hacer cumplir las leyes en la materia, aspecto que se relaja drásticamente con los vaivenes del estado de la economía local.

56. La experiencia presentada puede considerarse exitosa por el hecho de haber alcanzado la fase comercial, con aplicaciones en varios países. Tal resultado se debió a un conjunto de factores tecnológicos, a la gestión y apoyo por parte del órgano de vinculación universitaria, a

una capacidad emprendedora y a un mercado en su momento favorable. El desarrollo tecnológico además ha sido factor importante en la aceptación de la tecnología anaerobia en México y ha contribuido a una regulación de los precios de las ofertas extranjeras similares.

57. 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 en un medio de oportunidades como es este mercado.

58. El mercado ambiental deberá crecer significativamente en los próximos años, por lo que se presenta la oportunidad de desarrollar tecnologías ambientales plenamente al alcance de los grupos de investigación nacionales. Por lo tanto, la colaboración de los grupos de investigación nacionales se identifica como una necesidad prioritaria para incrementar la capacidad tecnológica nacional en materia ambiental, con participación decidida, en recursos económicos y en riesgo, del sector productivo

### Referencias

Borzacconi, L. y López, I. (1994) Relevamiento de Reactores Anaerobios en América Latina, en *III Taller y Seminario Latinoamericano Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales* Viñas M., Soubes M., Borzacconi L. y Muxi L. editoras, Universidad de la República, Uruguay, 263 – 279

Comisión Nacional del Agua CNA (2001), *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006*, Comisión Nacional del Agua, México, 128 pp.

Galán A. y Noyola A. (2001) Transferencia de tecnología en el mercado ambiental: Un caso de vinculación de la UNAM, en *Experiencias en Biotecnología, Empresas y Centros de Vinculación Universidad-Empresa en América Latina y el Caribe*, Aramendia R. y Ocando O., editores, COLCIENCIAS, Colombia, 49-60.

Monroy O., Famá G., Meraz M., Montoya L. y Macarie H. (2000) Anaerobic digestion for wastewater treatment in Mexico: state of the technology, *Water Research*, 34, 6, 1803 – 1816

Noyola A. (1994) *Reactor de flujo ascendente para el tratamiento de aguas residuales por vía anaerobia o anóxica*, Patente Mexicana 172965, propiedad UNAM-UAM

Noyola A. (1995) El tratamiento anaerobio de aguas residuales como tecnología sustentable, en *Memorias Segundo Minisimposio Internacional sobre Eliminación de Contaminantes de Aguas y Suelos*, Instituto de Ingeniería-UNAM, México, 106-109

Noyola A. (1999) Desarrollo de tecnologías mexicanas en tratamiento de aguas residuales: una experiencia, *Interciencia*, 24, 3, 169 – 172

Noyola A. y Monroy O. (1994) Experiencias y perspectivas del tratamiento anaerobio en México, en *III Taller y Seminario Latinoamericano Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales* Viñas M., Soubes M., Borzacconi L. y Muxi L. editoras, Universidad de la República, Uruguay, 331-340

Noyola A., Moreno G., Monroy O. y Guyot J.P. (1994) *Tecnología relativa al proceso de producción de lodos inóculos para reactores UASB*, Patente Mexicana 173685 propiedad UNAM-UAM-ORSTOM

Noyola A., Jiménez B. y Morgan J.M. (2000) *Remoción biológica de materia orgánica y nitrógeno por medio de un sistema anaerobio-anóxico-aerobio en tanques separados*, Patente Mexicana No. 199659 propiedad UNAM

Noyola A. y Morgan J. M. (2001) *Microplanta de tratamiento de aguas residuales para pequeños flujos*, Patente Mexicana No. 988995, Patente Americana No. US 6,210,578 B1, Patente Canadiense No. 2,287,998, Propiedad: propiedad UNAM

[Fin del documento]