

AVANCE Y PERSPECTIVA

Órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.

Vol. 11, noviembre-diciembre de 1992

México ISSN 0185-1411
Distribución gratuita



**XX Aniversario del
Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del CINVESTAV**

**EL DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGIA Y BIOINGENIERIA
DEL CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN**

**OFRECE
PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO
EN
BIOTECNOLOGIA**



CINVESTAV

OBJETIVOS:

Formar investigadores de alto nivel capaces de generar, planear y ejecutar proyectos originales de investigación científica y tecnológica, así como impartir enseñanza de vanguardia en el campo de su especialidad.

REQUISITOS DE INGRESO:

MAESTRIA:

Poseer estudios profesionales en las áreas de ciencias médico-biológicas o ciencias físico matemáticas. Promedio mínimo de ocho, en los estudios profesionales.

DOCTORADO:

Maestría en área afin
Inicio de cursos: 1° de Febrero de 1993.

BECAS:

Los estudiantes admitidos recibirán el apoyo departamental para solicitar becas ante el CONACYT.

INFORMES E INSCRIPCIONES:

Coordinación Académica del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería.

Av. IPN 2508, Col. San Pedro Zacatenco, México, D.F.
C.P. 07300 Tel: 754 02 00 y 752 06 77 Exts: 3927
Fax: 752 05 90 y 586 62 90

AVANCE Y PERSPECTIVA

**Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados del IPN-CINVESTAV**

Director: Feliciano Sánchez Sinencio
Secretario Académico: Julio G. Mendoza Alvarez
Editor: Miguel Angel Pérez Angón
Coordinación editorial: Martha Pérez de Izarrarás
Diseño y cuidado de la edición:
Rosario Morales A. y Ana Laura Ramírez Y.
Corrección de estilo: Carlos Chimal
Tipografía: José Luis Olivares Vázquez

CONSEJO EDITORIAL

René Asomoza,
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Marcelino Cerejido,
Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias
Rosalinda Contreras,
Departamento de Química
Maria de Ibarrola,
Departamento de Investigaciones Educativas
Rolando García B.,
Sección de Teoría y Metodología de la Ciencia
Rubén López Revilla,
Departamento de Biología Celular

Fotografía: Alfonso Medina
Apoyo: Sección de Fotografía del CINVESTAV
Captura: Ma. Eugenia López y Rosemary Ovando
Distribución: Sección coordinadora de cursos
en provincia

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación bimestral editada por la Secretaría Académica del CINVESTAV. El número correspondiente a noviembre-diciembre de 1992, volumen 11, se terminó de imprimir en octubre de 1992. El tiraje consta de 7,000 ejemplares. **Editor responsable:** Miguel Angel Pérez Angón. Oficinas: Av. IPN No. 2508, Esq. Ticomán. Apdo. Postal 14-740, 07000 México, D.F. Certificados de licitud de título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de título No. 705-82 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 016 0389, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. *Negativos, impresión y encuadernación:* Grupo Editorial EON, S.A. de C.V., Av. México-Coyoacán 421, Xoco, Col. General Anaya, 03330 México D.F., tels.: 604 1204 y 688 9112. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el número marzo-abril de 1992, vol. 11, pág. 82. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente. Publicación patrocinada por el CONACYT.

Sumario Vol. 11, noviembre-diciembre de 1992

Correo

- 330 Ciencias Marinas en Baja California
Jorge de la Rosa Vélez

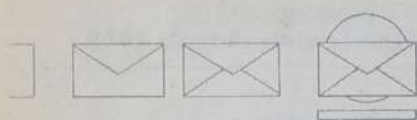
XX Aniversario del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav

- 331 Presentación
Fernando Esparza
- 333 Biotecnología y bioingeniería en el Cinvestav:
los primeros impulsos,
Carlos Casas Campillo
- 339 Toxicología de alimentos: ciencia multidisciplinaria,
Emma Gabriela Ramos Ramírez
y *Juan Alfredo Salazar Montoya*
- 345 Biotecnología de microalgas,
Rosa Olivia Cañazares Villanueva
- 353 Colecciones de microorganismos
Jovita Martínez Cruz
- 359 Uso de la lignina y sus derivados
Refugio Rodríguez Vázquez
- 367 Biotecnología de células y tejidos vegetales:
metabolismo secundario,
Carlos Arias Castro, Martha A. Rodríguez Mendiola
y *Graciano Calva Calva*
- 375 Reología de emulsiones,
Juan Alfredo Salazar Montoya
y *Emma Gabriela Ramos Ramírez*
- 381 Propiedades funcionales de las proteínas,
Rutilo Castellanos Molina

Matices

- 384 Evolución
Ronald Hoffmann
- 387 Índice del Volumen 11

Portada: suspensión de células en cultivo de tabaco teñidas con
diacetato fluorescente.



correo

Ciencias Marinas en Baja California

Sr. Editor:

Me es grato saludarle y felicitarle por la excelente calidad de la revista a su digno cargo. Organos de difusión como *Avance y Perspectiva* son modelo de excelencia para publicaciones periódicas que tienen como objetivo hacer extensivo el conocimiento fruto de la investigación que se lleva a cabo en los laboratorios y gabinetes de los científicos mexicanos. Indudablemente, la información que ahí se vierte es el fiel reflejo de una institución con un alto nivel de madurez, como es el Cinvestav. Enhorabuena.

No obstante, me dirijo a usted para aclarar algunos datos publicados en el volumen 11 (julio-agosto de 1992), en el artículo firmado por la Dra. Dalila Aldana Aranda, *Investigación y docencia en biología marina*, que concierne al programa de posgrado en oceanografía costera impartido en la Facultad de Ciencias Marinas, en conjunto con el Instituto de Investigaciones Oceanológicas, ambas unidades académicas pertenecientes a la Universidad Autónoma de Baja California. De principio quiero dejar claro que el análisis de los datos presentados por la Dra. Aldana es acertado en la mayor parte del trabajo. El problema estriba en los propios datos, los cuales fueron tomados de un artículo obsoleto: *Ciencia y Desarrollo*, número especial, septiembre, de 1989.

Los cuadros 1 y 2, y la figura 2 del artículo de la Dra. Aldana no reflejan la realidad, al menos de nuestro posgrado:

1. Nuestro programa no se inició en 1980, sino en 1985.

2. Desde 1990 nuestro programa ofrece los grados de maestro y doctor en ciencias, no sólo la maestría, como lo indica el cuadro 1.

3. En la figura 2 (que por cierto, tiene un error en la asignación de símbolos: la leyenda dice G: estudiantes graduados, I: estudiantes inscritos en 1985-1987, cuando las barras a que se asocian estos caracteres son las contrarias) se muestran 45 estudiantes inscritos en nuestro posgrado en el período mencionado, cuando en realidad se habían inscrito 15. Además, se especifican 2 graduados, cuando en ese período aún no se graduaba ningún estudiante ya que apenas terminaba la primera generación. De hecho, el primer estudiante se graduó en el primer semestre de 1988, y a la fecha tenemos nueve estudiantes graduados de maestría de 49 que se han inscrito en el período 1985-2/1992-1 al programa de maestría. En el programa de doctorado, para el mismo período, se han inscrito cinco estudiantes; si consideramos que el programa doctoral inició en 1990-2, es lógico que aún no tengamos ningún graduado. Por lo tanto, la eficiencia terminal de nuestro posgrado no es del 5%, como lo relaciona el artículo, sino 18.3%, considerando las generaciones que debían de haber concluido sus estudios de maestría en un lapso de dos años.

4. En el cuadro 2 se nos atribuyen tres doctores de tiempo completo, cuando en realidad contamos con 12, lo que representa el 41% de la planta adscrita al programa; un porcentaje de 50% profesores de tiempo completo, cuando es el 90% la cifra real, siendo 29 y no 12 los profesores en activo.

5. Otra cifra presentada en el cuadro 2 que no refleja la realidad de nuestro posgrado es la de 6 artículos

para un período bianual. Según nuestras estadísticas de los últimos cinco años, los profesores-investigadores asociados al posgrado han publicado un total de 110 artículos arbitrados, lo que representa una tasa de publicación de artículos/año/profesor de 0.75.

La esencia del trabajo de la Dra. Aldana no cambia: es verdad que urge contar con personal de alto nivel y más productivo involucrado en investigación y posgrado en el área de la biología marina. También es cierto que se requiere una conjunción de esfuerzos para el aprovechamiento óptimo de los recursos humanos, físicos y materiales en la investigación de las ciencias del mar. Esto último se ha empezado a explorar gracias al reciente encuentro de directivos de los posgrados nacionales en ciencias de mar, que tuvo lugar el pasado mes de junio en la oportunidad del Taller sobre Educación en Ciencias del Mar, organizado dentro del IX Simposium de Biología Marina, en La Paz, B.C.S. Seguramente esta iniciativa dará frutos a corto plazo. En el mismo sentido, es muy necesario contar con información veraz y actualizada de nuestra realidad como área de especialización, motivo que me ha llevado a dirigirme a usted para aclarar los puntos ya relacionados.

Dr. Jorge de la Rosa Vélez
Director,
Facultad de Ciencias Marinas
Universidad Autónoma
de Baja California

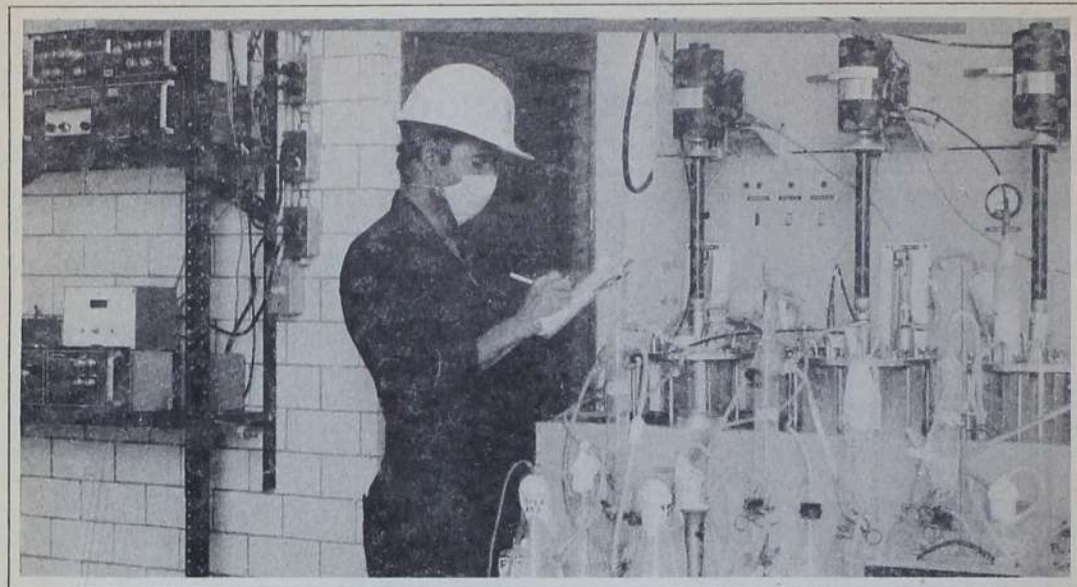
XX Aniversario del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del CINVESTAV**Presentación*****Fernando Esparza García***

Después de veinte años de existencia, el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav prosigue en el camino de la superación académica de sus miembros, y el mejoramiento de su estructura física. Sus objetivos iniciales persisten y son la preparación de personal de nivel de posgrado capacitado para el desempeño de las disciplinas biotecnológicas y el desarrollo de investigación en diferentes campos de la biotecnología.

El Dr. Fernando Esparza García, profesor titular y jefe del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav, es doctor en ciencias (Microbiología) de la ENCB-IPN. Su área de investigación es la acción de detergentes y plaguicidas sobre la actividad respiratoria y nitrificación del suelo.

Las actividades docentes han aportado 65 graduados como Maestros en Ciencias y ahora se impulsan los estudios de nivel doctoral, en lo que atrae más atención y esfuerzos.

En investigación se han definido grupos que desarrollan estudios en investigación aplicada o en el desarrollo de procesos biotecnológicos, principalmente en el campo del aprovechamiento de materiales alimenticios no convencionales y en la restauración y preservación del equilibrio biológico del ambiente. Así, a través de 20 años, el departamento ha efectuado estudios en la producción de alimentos no convencionales, como son los concentrados proteicos a partir del aprovechamiento de residuos agrícolas e industriales. Además, se han efectuado



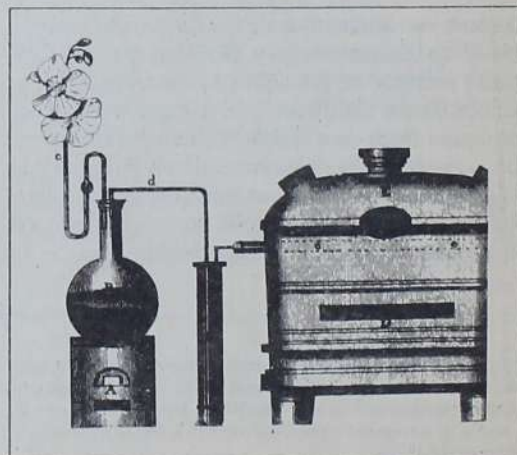
intensos estudios para el tratamiento aerobio o anaerobio de residuos industriales y pecuarios, que han proporcionado al departamento una experiencia en el campo, la que ha despertado notable interés en el sector industrial y pecuario.

En la biotecnología de fermentaciones se ha incursionado en la producción de proteína unicelular, desarrollando procesos del más alto nivel tecnológico y se ha investigado la producción de agroquímicos como son los bioinsecticidas y fitohormonas.

Los estudios en fermentaciones han podido ser escalados a nivel piloto, gracias al trabajo departamental en el diseño y construcción de instalaciones piloto, constituyendo estas las más importantes del país. Sobre este tema ya se han publicado dos artículos en esta misma revista (AyP Núms. 22-23 (1985) 4, 36 (1988) 11).

El Departamento ha tenido la oportunidad de demostrar en su trabajo de investigación el desarrollo de tecnologías de alto nivel de ingeniería, propiciando el interés de la iniciativa privada y el otorgamiento de premios y distinciones. Estos frutos han requerido el esfuerzo y atención de todo el personal del departamento.

En las páginas subsiguientes, se presentan varios artículos producto de las actividades de investigación y de la experiencia en el campo de los profesores del departamento, parte de ellos jóvenes de reciente graduación como doctores, que reflejan así su enorme entusiasmo. En los próximos años nuestro departamento será escenario del enorme potencial de su personal. El departamento percibe la dimensión del conocimiento, y cuánto aún debe aprender es su mayor sabiduría.



Biotecnología y bioingeniería en el Cinvestav: los primeros impulsos

Se presenta un resumen de las actividades que llevaron a la creación y organización del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav.

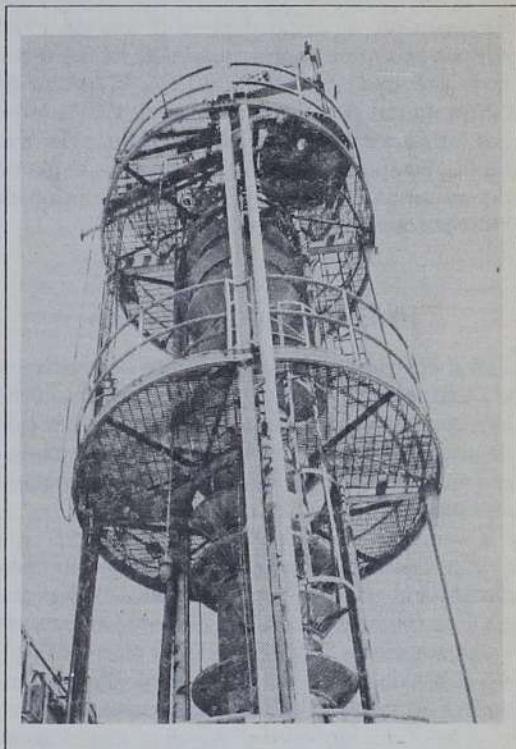
Carlos Casas Campillo

Los orígenes

A partir del día 15 de mayo de 1972, y por iniciativa del Dr. Guillermo Massieu Helguera, entonces director del Cinvestav, al autor de este escrito se le dio la responsabilidad de elaborar el proyecto inicial para la creación dentro del propio Centro de un departamento cuyas actividades estuviesen enmarcadas en algunos aspectos de la biología aplicada. Para cumplir con ese propósito se tomaron como base los antecedentes incluidos en el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología¹, resultado del estudio que llevó a efecto el Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC) durante el año de 1971, así como los estudios conocidos sobre el desarrollo de las industrias biológicas del país. También se consideraron las tendencias internacionales de las disciplinas que podrían ser consideradas. Se prestó particular atención a los avances de la Biotecnología y la Bioingeniería, campos del conocimiento que en diversos países industrializados o en desarrollo ya habían aportado conocimientos y soluciones prácticas a problemas relevantes para las sociedades modernas.

Asimismo, se definieron con claridad los objetivos y los campos de acción, principalmente aquellos previstos a mediano y largo plazo. Se establecieron también los requerimientos de planta física, de personal calificado y de equipos necesarios para los fines a perseguir. Se estableció un pequeño grupo inicialmente integrado por el suscrito, el Dr.

El Q.B. Carlos Casas Campillo, profesor titular del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav, es químico bacteriólogo egresado de la ENCB-IPN. Su campo de investigación es la biotecnología de los hongos filamentosos y levaduras de interés industrial.



Ignacio Magaña Plaza, el I.Q. Próspero Genina Soto, el Q.B. Sergio Larrea Reynoso y el I.B.Q. Hiram Medrano Roldan, que quedó instalado en el primer piso del Departamento de Química del mismo Centro. Durante el primer período de actividades (1972-1973) se estructuró el proyecto para el edificio del nuevo Departamento, estableciéndose sus necesidades inmediatas de servicio, mobiliario y equipo². Se empezó a incorporar personal académico para iniciar algunos proyectos de investigación y estructurar un programa de posgrado (maestría en ciencias). Para cumplir este fin, se to-

maron en cuenta experiencias previas en la organización de estudios de posgrado en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN^{3,4} y las ponencias presentadas en foros científicos^{5,7}. Durante este mismo período se integró y se puso en marcha un programa de profesores visitantes y de superación académica del personal docente que fue necesario en vista del número limitado de personal calificado disponible en el país.

La construcción del edificio que albergaría al departamento se inició durante el año de 1974, aunque por razones presupuestarias no fue terminado sino hasta mediados de 1976. El servicio de biblioteca fue puesto en marcha en 1979 y algunas instalaciones —como planta piloto, taller mecánico, computación y dibujo y diseño— se fueron desarrollando durante los años 80 en función de los recursos disponibles en aquella época.

Programa de posgrado

Tomando como base los anteriores antecedentes, el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería estructuró un programa combinado de educación de posgrado (maestría en ciencias) y de investigación y desarrollo de tecnologías con los siguientes objetivos⁸:

(i) Desarrollar trabajos de investigación interdisciplinaria en algunos aspectos de la Biotecnología y la Bioingeniería, especialmente las áreas de Fermentaciones, Tecnología de las enzimas, Ingeniería ecológica (ambiental), Tecnología de la industria alimentaria, haciendo particular énfasis en el diseño de procesos y en el diseño o construcción de equipo experimental.

(ii) Impartir enseñanza de posgrado a través de un programa interdisciplinario conducente al grado de maestría en ciencias con especialidad en Biotecnología o Bioingeniería, que permitiese la formación de investigadores, personal docente de alta calificación, así como personal técnico apto para el desarrollo de procesos industriales.

(iii) Proporcionar asesoría a las industrias biológicas para el mejoramiento o innovación de procesos.

A fin de cumplir con estos objetivos, las nuevas instalaciones fueron proyectadas para proporcionar las facilidades de espacio y trabajo y las labores administrativas. Se consideró que debería existir estrecha coordinación entre la investigación biológica fundamental, la investigación tecnológica y las actividades docentes de posgrado. De igual manera, la investigación la llevarían a cabo grupos interdisciplinarios más que por investigadores individuales. El esquema organizativo quedó integrado tal como se muestra en la figura 1. Tomando como base los campos seleccionados para los estudios de posgrado (alimentos, ecología, enzimas y fermentaciones) el departamento quedó integrado en áreas específicas, cada una de ellas con un responsable cuya función sería supervisar estrechamente las actividades docentes y de investigación que se llevasen a efecto en su jurisdicción. Para complementar esta labor se crearon comisiones especiales y se estructuró el Colegio de Profesores, cuya función esencial sería la discusión de todos los asuntos de carácter académico y también asuntos relacionados con las políticas departamentales de docencia e investigación.

En la integración y desarrollo inicial del departamento, uno de los problemas limitantes fue la dificultad de cimentar personal académico idóneo y acorde con los objetivos departamentales. A medida que se crearon otros laboratorios similares en las diversas instituciones nacionales, se estableció una fuerte competencia por el personal académico disponible, situación aunada a la desventaja salarial de los centros de investigación. Esta situación estaba prevista, pues es normal en el desarrollo de cualquier empresa, particularmente las dedicadas a la educación o la investigación. Por esta razón, desde los trabajos iniciales en el desarrollo del departamento se estableció un programa de formación de personal académico con base en los estudiantes más prometedores egresados de nuestro propio programa de maestría en ciencias. Asimismo, empezaron a ingresar al departamento algunos profesores que habían logrado un doctorado en el extranjero. En forma complementaria se estableció un programa de mejoramiento académico de los profesores establecidos, a través de su participación en cursos o seminarios especializados dentro o fuera del país, en congresos y en seminarios y cursos especiales dictados en el departamen-

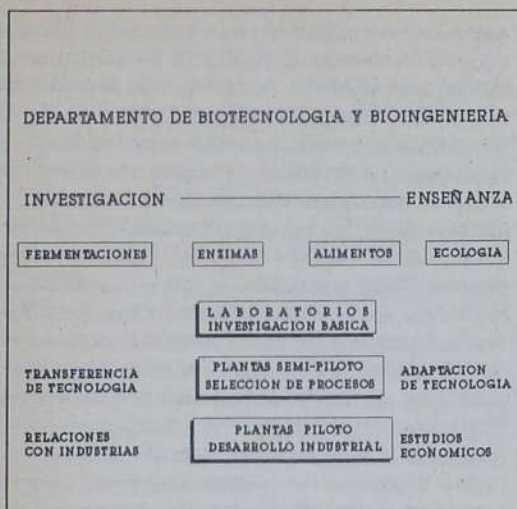


Figura 1. Organización proyectada para el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería.

to por profesores del extranjero. A este respecto, con el apoyo del Cinvestav y de organismos internacionales —en especial los programas de la OEA, el Programa de Profesores Visitantes de Latinoamérica de la Academia Americana de Microbiología, los programas del Panel de Microbiología aplicada de UNEP-UNESCO-ICRO— fue posible contar con la colaboración de profesores muy calificados en cursos avanzados de Biotecnología y Bioingeniería. Estos programas permitieron establecer relaciones permanentes con instituciones extranjeras de investigación que han sido útiles para permitir el perfeccionamiento de algunos de nuestros egresados. La proyección de esas actividades, en especial hacia los países latinoamericanos, fue definitiva para dar a conocer los programas educacionales de posgrado en los países del área (Fig. 2).

El Departamento de Biotecnología y Bioingeniería proyectó en forma esencial sus actividades hacia las instituciones de provincia (universidades, institutos tecnológicos), a través de la impartición de cursos específicos, seminarios y conferencias (Fig. 3).

Desde su fundación, el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería desarrolla actividades de colaboración con las universidades estatales



Figura 2. Trascendencia internacional de las labores educacionales del Departamento.

y los institutos tecnológicos regionales. A partir de 1979, el departamento empezó a participar en el programa establecido entre el Cinvestav y la Secretaría de Educación Pública en su Programa de Cursos en Provincia. Esto permitió establecer relaciones académicas a nivel nacional y mediante este mecanismo empezaron a incorporarse a los estudios de la maestría profesionales egresados de esos centros. De 1973 a 1980 los profesores del departamento impartieron 200 conferencias en instituciones de provincia en trece estados de la República. La trascendencia nacional de estas actividades académicas hasta el año de 1980 se expresan en forma gráfica en la Fig. 3.

Dentro de las actividades académicas del departamento en los primeros años, fue muy útil haber contado con la colaboración de otras instituciones en diversos aspectos, como el intercambio de profesores invitados para participar en cursos específicos, seminarios de discusión y asesoría de los trabajos experimentales. Fue definitiva la colaboración de la Sección de Graduados de la ESQIE-IPN y los cursos de computación ofrecidos en el Centro de Cálculo del IPN. Se estableció también abierta colaboración con la Sección de Graduados de la ENCB en lo que a cursos de posgrado se re-

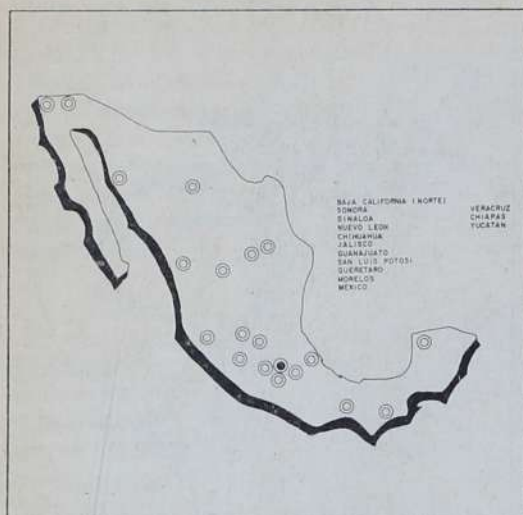


Figura 3. Trascendencia nacional de las labores educacionales del Departamento.

fiere y asesoría del Departamento para desarrollar algunas de sus tesis doctorales. Asimismo, se obtuvo la colaboración de profesores de la Universidad Nacional Autónoma de México, del Instituto Tecnológico de Monterrey, especialmente de la Escuela de Ciencias Marítimas y Tecnología de Alimentos de Guaymas. Existió un interés particular en la colaboración del departamento con instituciones pertenecientes al sistema de tecnológicos regionales, habiéndose establecido cursos específicos en los Tecnológicos de Veracruz, Tuxtla Gutiérrez, Oaxaca, Durango y Mérida. Al mismo tiempo, el Departamento, a través de su programa de maestría, empezó a colaborar con los tecnológicos regionales en la preparación de personal para la docencia y la investigación. Además de estas relaciones, el departamento estableció nexos con los más importantes organismos internacionales interesados en la promoción de la Biotecnología y la Bioingeniería. En particular, fue de mucha utilidad la Organización Internacional de Biotecnología y Bioingeniería (IOBB), en donde el departamento fue el primer laboratorio latinoamericano que reunió los requisitos para ser considerado miembro. Asimismo, el departamento empezó a ser la sede de cursos latinoamericanos auspiciados por el Panel de Microbiología UNEP-UNESCO-ICRO, grupo internacional asesor en problemas relacionados con las aplicaciones de la microbiología. El departa-

mento estableció también relaciones con el Programa PNUMA, que es el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, con la Organización de los Estados Americanos (OEA) a través de sus programas multinacionales dirigidos hacia la producción de proteínas de origen unicelular⁹. Se tuvo también la colaboración de la Asociación Internacional de Sociedades Microbiológicas (IAMS), a través de su comité internacional de microbiología económica y aplicada, y con el Programa de Profesores Visitantes de América Latina de la Academia Americana de Microbiología. Dentro de estas actividades, el Departamento colaboró en la organización de la Asociación Latinoamericana de Biotecnología y Bioingeniería (ALABYB) y el Cinvestav fue la sede de la 4a. Reunión de Biotecnólogos e Ingenieros Bioquímicos auspiciada por esta asociación. Estas actividades permitieron que los programas del departamento trascendieran al área latinoamericana (Fig. 2).

Desde el inicio, el departamento empezó a organizar la Colección de Cultivos Microbianos, labor que fue establecida formalmente a través de un laboratorio específico en 1974. En 1977 la Colección tuvo un desarrollo significativo y fue reconocida por el Centro Mundial de Colección de Cultivos (International Culture Collection Center Data, Australia) al cual ingresó con la clave oficial CDBB-500. Fue la única colección en su género en América Latina. La Colección quedó a cargo de la maestra Jovita Martínez Cruz, y no sólo ha prestado apoyo a los trabajos de investigación del departamento, sino que también ha servido de centro de distribución de cultivos específicos a otras instituciones nacionales y del extranjero, para propósitos de investigación y enseñanza.

Programas de investigación

Los trabajos experimentales de investigación se organizaron en las cuatro áreas mencionadas en el diagrama de la figura 1. Como resultado de estos trabajos, se desarrollaron en el departamento las primeras biotecnologías que llegaron hasta nivel de planta semipiloto. Se hizo particular énfasis en el desarrollo de procesos para producción de proteínas de origen unicelular utilizando diversos sustratos (metanol, melazas de la caña de azúcar, resi-

duos de celulosa). Asimismo, se desarrollaron biotecnologías para la utilización integral de la yuca (*Manihot esculenta*, Crantz), procesos para producir inoculantes de leguminosas, para deshidrogenar el carbono C_1 de esteroides utilizando células bacterianas inmovilizadas; hidroxilar C_{11} en sustratos esteroideos; biodegradar detergentes en aguas residuales; y producir biomasa utilizando la fase micelial de hongos superiores. Se establecieron también algunos proyectos exploratorios con objeto de examinar sus posibilidades de desarrollo. Entre estos proyectos se encuentra el efecto de los contaminantes ambientales en los suelos, biodegradación de la lignina, producción de polímeros utilizando metanol, propagación de hongos superiores, producción de metano en lodos residuales y de bioinsecticidas bacterianos.

Planta piloto

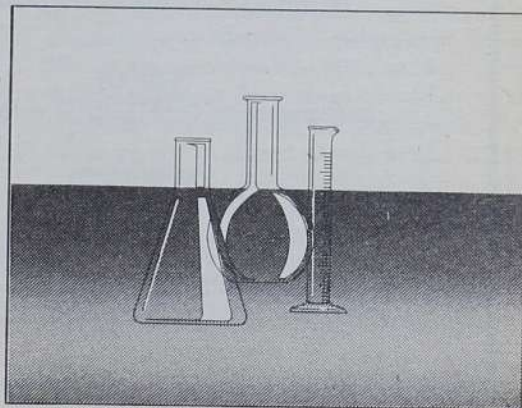
En la época en que se empezó a desarrollar el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería existía una completa carencia de instalaciones a nivel de planta piloto. Desde los primeros planteamientos de organización se consideró como una meta diseñar e integrar una planta de investigación en fermentaciones con reactores de capacidad apropiada para las condiciones de trabajo del departamento (1000/1). Este propósito se logró a través de un proyecto para producir proteínas de origen unicelular utilizando como materia prima el metanol. Este proyecto estuvo auspiciado por el Programa de Desarrollo Tecnológico de la Organización de los Estados Americanos. En el diseño del reactor y la estructuración inicial de la planta participaron los ingenieros bioquímicos Bernardo Servín Massieu e Hiram Medrano Roldán. Hubo necesidad de construir una ala anexa al departamento para integrar la planta experimental, lo cual se logró con el apoyo económico de la Secretaría de Programación y Presupuesto. Durante los años 80 se empezaron a instalar otros servicios y equipos, con la colaboración inicial del M. en C. Benjamín Aguilar Barrera, del Dr. Manuel Sánchez Rubio y el Ing. Adrián Medina. Posteriormente, con el apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, se continuó la instalación de la Planta Piloto con la participación de la Dra. Mayra de la Torre Martínez. Los objetivos iniciales de la Planta Piloto serían la evaluación técnica y científica

de procesos, serviría para adiestrar a los bioingenieros en su manejo y control y para estudiar factores de productividad.



Notas

1. Política Nacional y Programas en Ciencia y Tecnología, Pub. INIC, 1971.
2. C. Casas-Campillo, Proyecto para la construcción del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería en CINVESTAV-IPN, 1972.
3. C. Casas-Campillo, Doctorado en Ciencias Biológicas, *Acta Politécnica*, **3** (1961) 141.
4. C. Wild, H. Ramos y C. Casas-Campillo, Programa de Maestría en Ciencias de los Alimentos, Res. II Cong. Nac. de Química, Guadalajara, Jal., 1968.
5. C. Casas-Campillo, Education of Bioengineering in Mexico, in *Panel discussion of Education in Biochemical Eng. present status and future* (Manianské Lázně, Checoslovaquia, 1972).
6. C. Casas-Campillo, Biotecnología, Bioingeniería y Desarrollo, *Rev. Soc. Quím. Méx.* **17** (1973) 49.
7. C. Casas-Campillo, I. Magaña Plaza y P. Genina Soto, Programa de posgrado en Bioingeniería con especialidad en ingeniería Ecológica, *Mem. Rev. Nac. Sola Problemas de Contaminación Ambiental* **2** (1973) 1017.
8. C. Casas-Campillo, Informe departamental de Biotecnología y Bioingeniería (1972-1980), mimeógrafo 209 pp. y anexos (1980).
9. C. Casas-Campillo, Proteínas alimenticias de origen unicelular, *Ciencia Interamericana* **15** (1974) 2.
10. C. Casas-Campillo, Aspectos del desarrollo de la Biotecnología en México, *Mem. El Colegio Nacional*, 1988, pp. 15-31.
11. C. Casas-Campillo, La industrialización del barbasco *Dioscorea composita*, Publicación (1988) Centro Soc. & Techn.



V ESCUELA MEXICANA DE PARTICULAS Y CAMPOS

Guanajuato, Gto.

30 de noviembre - 11 de diciembre, 1992.

INSTITUTO DE FISICA, UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

DIVISION DE PARTICULAS Y CAMPOS DE LA
SOCIEDAD MEXICANA DE FISICA

Cursos Invitados

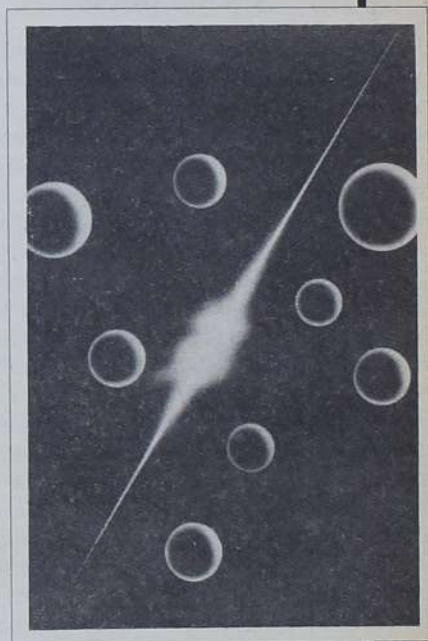
- Gauge Symmetries, Topology and Quantization, A.P. Balachandran, Univ. de Syracuse, EUA.
- The physics and proposed experiments at LHC, K.Eggert, CERN, Ginebra, Suiza
- Higgs Hunting: Standard Model and beyond, J.F. Gunion, Univ. California, Davis, EUA.
- Gauge invariant analyticity and physical observables, R.G. Stuart, Univ. de Michigan, EUA, por confirmar.
- New ARGUS results and first results from HERA, D. Wegener, Univ. Dortmund/DESY, RFA.
- Lagrangianos efectivos quirales en procesos débiles, A. Pich, CERN, Ginebra, Suiza.
- An introduction to conformal field theories, J. Weyers, Univ. de Lovaina, Bélgica.
- Dos cursos por confirmar de J. Pullin, Univ. de Syracuse, y G. Branco, INIC Portugal.

LUGAR:

Instalaciones del CIMATEL en Guanajuato

INFORMES:

J.L. Lucio, IFUG, (47) 18 30 89
M. Moreno, IFUNAM, (5) 548 97 83
M.A. Pérez, CINVESTAV, (5) 754 64 76
L. Urrutia, ICNUNAM, (5) 550 57 07
Soc. Mex. de Fisica (5) 550 59 10



Toxicología de alimentos: ciencia multidisciplinaria

La caracterización del daño potencial inducido por componentes tóxicos ha convertido a la seguridad alimentaria en un tópico de creciente importancia en la tecnología de alimentos.

**Emma Gloria Ramos Ramírez
y Juan Alfredo Salazar Montoya**

Seguridad alimentaria

En la actualidad, la alimentación humana y animal está condicionada por las diferencias económicas, políticas, sociales y geográficas de cada país. Mientras el hambre o la amenaza de escasez aflige a muchos países del tercer mundo o en vías de desarrollo, los países industrializados disfrutan de una variedad abundante de alimentos relativamente baratos. Esta diferencia se debe al incremento en la producción y ampliación de la variedad de alimentos agrícolas, al control de las condiciones de almacenamiento y de pérdidas durante la distribución, así como al uso racional y eficiente de las fuentes disponibles. La posibilidad de incrementar la producción de ciertos cultivos de dos a tres veces en regiones donde antes sólo se obtenía una cosecha anual se debe al uso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas. La producción de productos animales también ha aumentado por el uso de agentes anabólicos y nuevas drogas veterinarias.

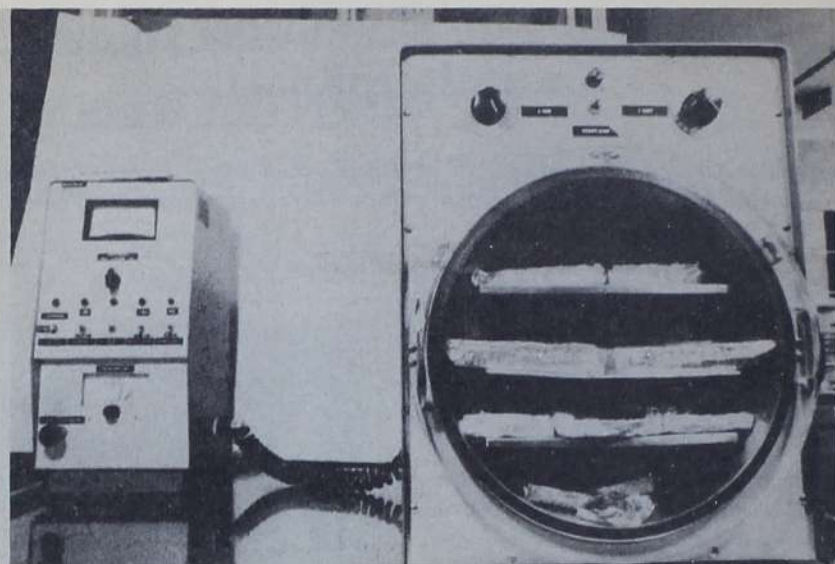
La pérdida sustancial de alimentos por daño microbiano o de insectos ocasiona una situación grave en muchos países no industrializados. En algunos casos los cultivos pueden ser contaminados a causa de micotoxinas generadas por el crecimiento de hongos, generalmente durante el tiempo de almacenamiento. En esta situación se ha



minimizado la pérdida de cultivos con fungicidas o el desarrollo de nuevas tecnologías, como es la irradiación que controla la germinación en los alimentos almacenados. Asimismo, se ha prolongado la vida promedio de anaquel con aditivos utilizados como conservadores y antioxidantes. Con ello se ha logrado el abasto de una amplia población urbana y se han reducido los riesgos a la salud ocasionados por microorganismos patógenos o productos químicos peligrosos.

Se han desarrollado también nuevas tecnologías para satisfacer la demanda de alimentos a través del uso eficiente de materias primas, por ejemplo, en la manufactura de productos alimentici-

Los doctores Emma Gloria Ramos Ramírez y Juan Alfredo Salazar Montoya son profesores del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav. Ambos obtuvieron su doctorado en Valencia, España, en la Universidad de Valencia y la Universidad Politécnica de Valencia, respectivamente.



cios y en el desarrollo de nuevas fórmulas que llenen las necesidades nutricionales o dietéticas y hagan de los alimentos algo aceptable al paladar. Este aprovechamiento de recursos debe aportar alimentos adecuados a bajo costo que cumplan con los requisitos necesarios de seguridad.

La seguridad alimentaria se ha convertido en un tópico de creciente importancia en el campo de la ciencia y la tecnología de alimentos. Las agencias gubernamentales nacionales e internacionales establecidas para este fin tienen el propósito expreso de garantizar que la seguridad en los alimentos no esté comprometida, hasta donde sea posible, con procedimientos legislativos que se adopten para el control de daños potenciales¹. Es necesario establecer objetiva y científicamente la naturaleza y magnitud del daño potencial según la dosis de tóxico involucrado. Debido a esto, la toxicología de alimentos se ha desarrollado como una ciencia multidisciplinaria¹.

Daño cero

El concepto de *daño cero* para las sustancias usadas en la producción y el procesamiento de los alimentos es atractivo pero irreal. Existe una gran

variedad de componentes muy tóxicos que han sido identificados en alimentos tradicionales, particularmente de origen vegetal, que han sido la causa principal de muerte y morbilidad bajo ciertas circunstancias. El favismo, el latirismo, la neuropatía atáxica tropical, o las muertes ocasionadas por consumo de papas verdes o inmaduras, son sólo algunos ejemplos de complicaciones causadas por alimentos valiosos e inocuos, y que en la mayoría de las circunstancias no están exentos de riesgo¹. Sin embargo, cualquier intento por excluir tales alimentos de la dieta en favor del *riesgo cero* puede conducir a un problema mucho más serio de abasto y malnutrición. También es cierto que si las normas de seguridad se aplicaran rigurosamente, se perderían muchas fuentes de alimentos convencionales y no convencionales seguros y potencialmente valiosos.

Tóxicos naturales

La identificación de los tóxicos naturales presentes en alimentos de origen vegetal ha hecho posible que los productores estén alerta y desarrollen variedades menos tóxicas sin abandonar un determinado cultivo. Es muy difícil asociar un tóxico en forma exclusiva a una especie de planta o animal

que sirve como alimento, ya que muchas veces se tiene el mismo tipo de sustancia en varias especies^{2,3}, como las metilxantinas presentes en la cafeína, teofilina y teobromina del café, té y cacao. La teofilina es un componente menor de la dieta y tiene importancia terapéutica. La cafeína es la más abundante y la que más se consume; se conocen en el mundo alrededor de 60 especies de plantas que la contienen y está incluida en una amplia variedad de bebidas. Se ha registrado una dosis tóxica mínima no letal para humanos entre 2 y 5 mg/Kg, aun cuando estas concentraciones pueden alcanzarse en el consumo de 8 a 10 tazas de café⁴ sin manifestaciones aparentes de toxicidad. Esto puede explicarse en función de la farmacocinética y las reacciones de idiosincrasia hacia la cafeína.

Los glucósidos cianogénicos y los oligosacáridos (promotores de flatulencia), presentes en leguminosas como frijol, garbanzo, judías y chícharos, se consideran agentes antinutricionales. Los glucósidos no son tóxicos pero sí lo es el cianuro producido por la hidrólisis enzimática, el cual actúa a nivel de citocromo oxidasa. Esta reacción también se produce en los glucósidos del sorgo y la yuca. En esta última la reacción enzimática se lleva a cabo por una β -glucosidasa. En cuanto a los oligosacáridos, el hombre no posee las enzimas necesarias para biotransformarlos; por tanto, los azúcares como rafinosa, estaquiosa y verbascosa no son metabolizables. Los microorganismos del tracto intestinal producen CO₂, H₂ y CH₄ a partir de estas sustancias, lo que ocasiona flatulencia y otros malestares como náuseas y cólicos dolorosos; en alimentos fermentados se elimina o disminuye este problema⁵ (cuadro 1).

Aditivos en alimentos

El uso de aditivos en alimentos, reconocidos como tóxicos intencionales, ha generado controversias acerca de su inocuidad debido a los malestares que generan en personas hipersensibles. Por otro lado, el uso de aditivos facilita el poder disponer de una gran variedad de alimentos en grandes núcleos de población urbana donde la demanda y el consumo es elevada⁵ (cuadro 2). A este respecto, los expertos del Comité sobre Aditivos Alimenticios (JECFA) de la Organización de Agricultura y Ali-

Cuadro 1. Tóxicos naturales (modificado de V.P. Valle⁵).

LEGUMINOSAS	CEREALES
Glucósidos cianogénicos	Micotoxinas
Promotores de flatulencia	Acido fítico
Inhibidores enzimáticos	Inhibidores de amilasas
Fitoheماغلutininas	
Favismo, saponinas, etc.	
PROTEINAS, PEPTIDOS Y AMINOACIDOS	ANTIVITAMINAS
Toxina botulínica	Tocoferol oxidasa
Toxina estafilococos	Antiniacina
Toxina Cl. perfringes	Tiaminasa
Amatoxina	Avidina
Islanditoxina	Lipoxidasa
Hipoglicina	Dicumarol
Canavanina	Citral
VARIOS	
Ipomeamarona	Aminas biógenas
Gosipol	Taninos
Solanina	Saflol
Capsaicina	Cicacina
Tetrodotoxina	Cafeína

mentación de las Naciones Unidas (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (WHO) establecen continuas recomendaciones sobre los principios generales que regulan el uso de tales sustancias y las consideraciones de los métodos para evaluar la seguridad de su uso. En este comité, los aditivos se han definido como "sustancias no nutritivas adicionadas intencionalmente a los alimentos, por lo general en pequeñas cantidades, para mejorar su apariencia, sabor, textura o propiedades de alma-

Cuadro 2. Tóxicos intencionales (modificado de V.P. Valle⁵).

ADITIVOS	
Saborizantes	Estabilizantes
Colorantes	Antiespumantes
Antioxidantes	Nitratos y nitritos
Conservadores	Disolventes
Edulcorantes	Enzimas
Minerales	Vitaminas

cenamiento⁶. También se incluyen en este grupo promotores del crecimiento, componentes de materiales de empaque, solventes usados en procesos de alimentos, propelentes de aerosoles, enzimas usadas en el proceso de alimentos y metales adicionados.

En el caso de los aditivos alimentarios, la exposición al tóxico está definida como la ingesta total de sustancia por el humano. Para la mayoría de las sustancias evaluadas por la JECFA, el modo primario de exposición es a través de la ingestión de estas sustancias en los alimentos. Uno de los criterios que utiliza el comité para evaluar la exposición es el aprovechamiento per cápita; este es un valor estimado que representa el nivel de exposición si un aditivo de alimentos o contaminante fuera igualmente distribuido a través de toda la población. Esta ingesta per cápita puede ser convertida a ingesta diaria por kilogramo de peso corporal^{5,6} (cuadro 2).

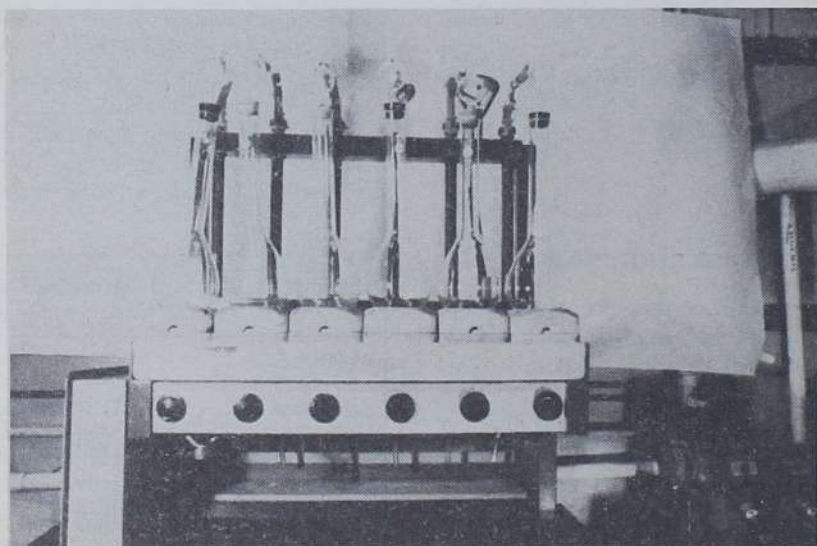
Tóxicos accidentales

El grupo conocido como *tóxicos accidentales* dentro del campo de la toxicología de alimentos incluye plaguicidas, metales pesados, microorganismos y di-

Cuadro 3. Tóxicos accidentales (modificado de V.P. Valle⁵).

PLAGUICIDAS	METALES	VARIOS
Organoclorados	Mercurio	Radiaciones
Organofosforados	Arsénico	Antibióticos
Nicotinoides	Plomo	Bacterias
Piretrinas	Cadmio	Virus
Rotenoides	Selenio	Hormonas
Carbamatos		Triquinosis

versas sustancias⁵ (cuadro 3). Representan un riesgo mayor para la salud, ya que, a diferencia de los grupos anteriores, el consumidor no puede prever la cantidad ni el momento en que los ingiere. Para el especialista los datos de exposición proporcionan información sobre el posible metabolismo y la farmacocinética. Recientemente⁷, la JECFA ha concluido que en la evaluación de compuestos estructuralmente relacionados se debe contar con los datos toxicológicos completos de, por lo menos, algún miembro de la serie, para que otros compuestos parecidos sean evaluados sobre las bases de esos datos. Si los resultados obtenidos sugieren una baja toxicidad intrínseca, los parámetros metabólicos y farmacocinéticos pueden ser suficientes para hacer una evaluación del compuesto relacionado⁶.



Desde hace dos décadas una serie de desarrollos tecnológicos ha hecho posible la producción de alimentos por técnicas genéticas y a partir de fuentes no convencionales, por ejemplo, residuos agroindustriales o proteína de origen unicelular. Se ha intentado que estos alimentos vayan directamente al consumo o a través de simples modificaciones físicas, a fin de obtener un producto más aceptable que sea consumido en grandes cantidades y por cualquier sector de la población, principalmente niños, como suplemento proteico en dietas deficientes. Puede no tenerse la identificación química completa de tales materiales, pero sus especificaciones son necesarias para asegurar que los niveles de contaminantes potencialmente peligrosos, tales como micotoxinas y metales pesados u otra sustancias relacionadas como ácidos nucleicos, sean eliminados⁶.

Las evaluaciones toxicológicas deben estar estrechamente relacionadas con la naturaleza de los materiales involucrados en los alimentos procesados. Es probable que los resultados de la evaluación no sean válidos para todas las preparaciones del mismo material cuando se usen diferentes métodos de procesamiento, ya que algunos tóxicos se generan precisamente durante el proceso. Estas sustancias pueden predecirse en ciertos casos, en particular cuando se conoce el perfil químico de su fuente, su mecanismo de formación así como su concentración⁵. Sin embargo, no siempre se puede registrar su repercusión, sobre todo cuando el alimento procesado a partir de fuentes no convencionales está destinado a la alimentación animal.

Dentro del grupo de agentes tóxicos generados durante el procesamiento de alimentos se encuentran las melanoidinas, que son compuestos obtenidos por la reacción de Maillard o de oscurecimiento no enzimático, debido a procesamiento térmico⁸. Se ha observado que cuando esta reacción química progresa, disminuye la digestibilidad de las proteínas, así como la cantidad de lisina disponible, lo que puede ocasionar la presencia de sustancias tóxicas o factores antinutricionales. Las dietas que sufren oscurecimiento por el proceso térmico ocasionan problemas gastrointestinales, elevada excreción de aminoácidos y disminuyen la actividad enzimática de lactasa, sacarasa y maltasa, generan daño hepático, e incluso estos pig-



mentos resultan mutágenos en la prueba de Ames^{9,10}. La formación de nitrosaminas en carnes curadas y fritas, tocino y algunos embutidos causan cáncer en los tractos digestivo, urinario y respiratorio, el hígado y el sistema reproductor¹¹. Sin embargo, el uso de nitritos y nitratos en la conservación de productos cárnicos evita la presencia de *Clostridium botulinum*. También, la termodegradación de lípidos y la formación de aminas biógenas son reacciones generadas por el procesamiento de los alimentos que provoca toxicidad para el consumidor. Asimismo, se investigan los cambios ocasionados por las irradiaciones y los medios artificiales de conservación de alimentos.

Cuando sustancias de alguno de los tres tipos mencionados pueden ser ingeridas por sectores especiales de la población, o de alto riesgo como mujeres embarazadas, lactantes, preescolares, enfermos o ancianos, el análisis toxicológico en los alimentos debe ser exhaustivo, incluyendo pruebas en animales. Dependiendo de la naturaleza de la fuente usada, convencional o no convencional, los estudios en animales son necesarios para apoyar los análisis químicos. Si el alimento proviene de una fuente nueva y resulta una alternativa importante de suministro de proteínas, es necesario hacer estudios sobre su calidad nutricional. Tam-

bién se utilizan estudios *in vivo* para determinar la biodisponibilidad de vitaminas y minerales en el alimento nuevo, así como cualquier interacción que éste pueda tener con otros componentes de la dieta y reducir su valor nutricional total. Por tanto, es importante que las variables seleccionadas para los estudios de seguridad de alimentos o de sus componentes sean cuidadosamente analizadas mediante el monitoreo de todos sus posibles efectos tóxicos.

Perspectivas

Se prevé que el futuro de la toxicología de alimentos tendrá un desarrollo importante al consolidar nuevas técnicas *in vitro* que reduzcan el uso de animales de experimentación. Esto conducirá al análisis toxicológico hacia la búsqueda de alteraciones bioquímicas o funcionales que sean indicadores de las manifestaciones tóxicas. Se tiene, por ejemplo, el desarrollo de métodos *in vitro* para detectar la inducción de ADN anormal en la detección

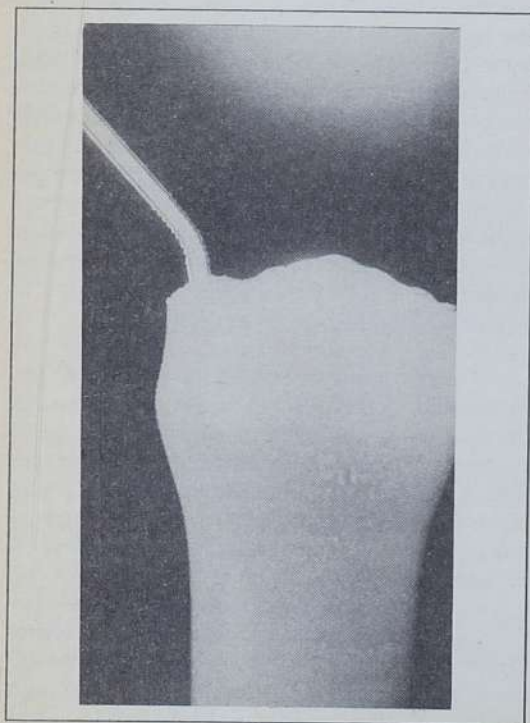
de carcinógenos potenciales¹² o la interacción hepática de metabolitos tóxicos de insecticidas con fármacos como la aspirina,¹³ así como la disminución de la secreción ácida en animales tratados con capsaicina¹⁴.

Se espera que al desarrollo exitoso de tales modelos seguirá el empleo de tejidos humanos, aunque resulte difícil debido a la amplia variabilidad genética en humanos. Aun cuando tales técnicas sean objetivamente científicas, los sistemas que se propongan deberán ser claros y comprensibles antes de poder obviar los estudios en animal íntegro, pues las pruebas toxicológicas a gran escala basadas en la experimentación con animales ha sido el factor limitante del desarrollo de la toxicología contemporánea.



Notas

1. K. Miller, *Toxicological aspects of food* (Elsevier Applied Science, 1987).
2. N. Sapietka, *Food Pharmacology* (Charles C. Thomas, 1969).
3. H.M. Stahr, P.F. Ross, W. Obioha, J. Agric. Food Chem. 29 (1981) 207.
4. S.M. Tarka, C.A. Shively, *Methylxanthines. Toxicological aspects of food*. Ed. K. Miller (Elsevier Applied Science, 1981).
5. V.P. Valle, *Toxicología de alimentos*. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 1986.
6. Environmental Health Criteria 70. Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food. WHO (1987).
7. FAO, Evaluation of mercury, lead, cadmium, and the food additives amaranth, diethylpyrocabamate and octylgallate. FAO Nutrition Meetings Report Series No. 51A, (1972).
8. T.R. Dutson, M.W. Orcutt, *J. Chem. Educ.* 61 (1984) 303.
9. T. Sugimura, Mutagenic factors in cooked food. CRC Critical Review in Toxicology (1979).
10. S.L. Taylor, *Food Technology* 36 (1982) 65.
11. R.L. Shirley, *Bioscience*, 251 (1975) 789.
12. A.E. Bender, *Use and safety of novel food. Toxicological aspects of food*. Ed. K. Miller (Elsevier Applied Science, 1987).
13. E.G. Ramos R., Efecto del paratión sobre la biotransformación *in vitro* del ácido acetilsalicílico. Tesis de Maestría. Cinvestav (1979).
14. E.G. Ramos R., Modulación de la respuesta secretora ácida gástrica por neuronas sensoriales sensibles a capsaicina. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. España (1991).



Biotecnología de microalgas

Dentro de los diversos tipos de biomasa microbiana que se pueden producir con grandes rendimientos, las microalgas representan una de las opciones más atractivas.

Rosa Olivia Cañizares Villanueva

Las microalgas

El término *alga* reúne a todos los organismos fotosintéticos con un nivel de diferenciación menor que el de las plantas, las cuales presentan órganos reproductores diferenciados. Esta definición parece satisfactoria, ya que admite que el término *alga* representa un agrupamiento biológico, de organismos que divergen ampliamente, tanto taxonómica como filogenéticamente.¹

El medio acuático es el principal hábitat de las algas. Se han encontrado algas en aguas con un intervalo muy amplio de salinidades, desde aguas dulces, salobres y marinas, y aun en salmueras tan concentradas cuyos solutos están en proceso de cristalización. También se han encontrado algas en la superficie (especialmente algas verdes y diatomeas) y a ciertas profundidades del suelo, mientras que muchas otras se desarrollan incluso sobre rocas, sometidas a períodos prolongados de desecación.

Se sabe que el polvo atmosférico también acarrea poblaciones algales, derivadas en gran parte del suelo. Cierta tipo de algas viven en la nieve y otras lo hacen dentro de células de plantas y animales. Las algas acuáticas pueden permanecer adheridas a rocas, madera, a diferentes tipos de vegetación acuática o flotar libremente.²

Un gran número de algas unicelulares, coloniales y filamentosas, se encuentran suspendidas



en el agua de manera permanente, en donde pueden asociarse a bacterias, hongos, protozoarios y a otros animales pequeños, para formar una comunidad conocida como plancton. Las algas planctónicas, bajo condiciones favorables poco usuales, pueden multiplicarse rápidamente constituyendo los llamados florecimientos, formados de diferentes tipos de algas, o con predominancia de organismos de un solo tipo. Las algas planctónicas son muy importantes, ya que son la base de la cadena trófica para animales más grandes en los ambientes acuáticos.²

Las algas son plantas no vasculares fotosintéticas, con estructuras reproductoras simples, que contienen clorofila *a* y dos sistemas fotosintéticos.

La M. en C. Rosa Olivia Cañizares Villanueva, profesora auxiliar del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav, es química bióloga de la Universidad de Sonora y obtuvo su grado de maestría en ciencias en el mismo Cinvestav. Su campo de investigación es la biotecnología de las microalgas.

El grupo comprende cerca de 1,800 géneros y 21,000 especies e incluye formas unicelulares (e.g. *Chlorella*), pequeñas formas coloniales (e.g. *Volvox*) y formas multicelulares grandes (e.g. macrofitas). Históricamente, se han incluido en este grupo de organismos a las algas procaróticas verde-azules (las cianobacterias), a pesar de que ahora se reconoce que están más relacionadas con las bacterias que con el resto de las algas (eucarióticas).³

Entre las algas unicelulares existe una gran diversidad de formas y tamaños. La mayoría de ellas son fotoautótrofas, aunque algunas son heterótrofas facultativas u obligadas. Son organismos sintetizadores, con eficiencia relativamente alta; sus células contienen una gran cantidad de pigmentos esenciales que captan la energía solar para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis, en el cual intervienen el CO_2 como única fuente de carbono, la luz, sales inorgánicas simples disueltas en agua y una temperatura aproximada de 25°C . El material orgánico sintetizado en este proceso está constituido principalmente de proteínas, carbohidratos y lípidos, sustancias que son almacenadas en el interior de cada célula^{4,5} (Figura 1).

Aspectos sobre el cultivo de las microalgas

Obtención de biomasa

Las referencias más antiguas sobre las algas microscópicas datan de la época de los manuscritos chinos y más tarde de la literatura griega (Teofrasto 300 años A.C.). En un reporte de 1852 se menciona que *Nostoc edule* se consumía como ingrediente en sopas en Tartaria, Mongolia y China. Durante una investigación belga al Sahara (1964-1965), se encontró que *Spirulina platensis* era utilizada como alimento por los nativos del lago Chad. Lo mismo se dice del consumo de *Spirulina* en México por los antiguos aztecas.⁶ Dentro de los diversos tipos de biomasa microbiana que se pueden producir, las microalgas representan una de las opciones más atractivas debido a su capacidad autotrófica, que les permite alcanzar grandes rendimientos con sólo energía solar adecuada y una fuente de carbono como el CO_2 o bicarbo-

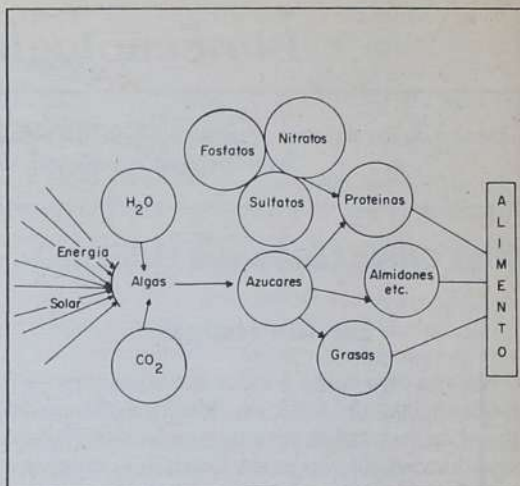


Figura 1. Productos de la fotosíntesis.

atos, además de una serie de nutrientes de fácil disponibilidad. Por otra parte, las microalgas son los organismos fotosintéticos que convierten con mayor eficiencia la energía radiante (aproximadamente 7%), lo que les permite lograr productividades de 60-80 ton/ha/año.

Para el proceso de producción de microalgas como fuente de proteína se considera como características relevantes, entre otras, su elevado contenido de proteínas (en algunos casos superior a 65%), su productividad y el valor nutricional de la célula completa.⁶ A pesar de esto, no se les considera de manera preferente⁷ por problemas relacionados con su producción a gran escala (Figura 2).

En la producción comercial y semicomercial de algas para forraje y como alimento humano se han utilizado los géneros *Chlorella*, *Dunaliella*, *Spirulina* y *Scenedesmus*, entre otros. Últimamente se han encontrado evidencias de que especies pertenecientes a las clases Rodofíceas, Bacilariofíceas y Crisofíceas pueden también ser de interés comercial. Tradicionalmente, la producción de biomasa a partir de microalgas se ha enfocado a especies de agua dulce; sin embargo, en los últimos años se ha incrementado el interés sobre el uso potencial de microalgas marinas halotolerantes o halofílicas como fuente de diversos materiales, además de proteínas en zonas áridas⁸ (Figura 3). Las investigaciones sobre la producción de biomasa

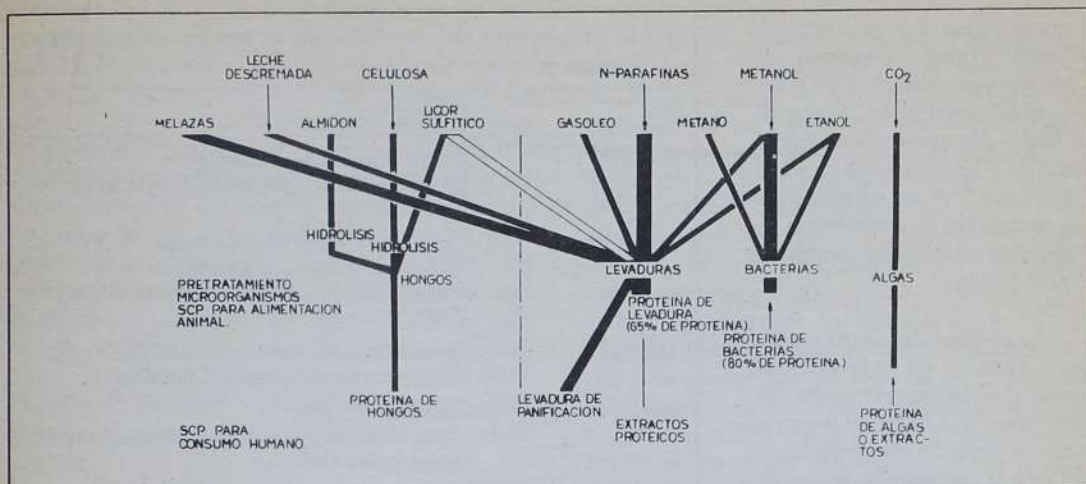


Figura 2. Microorganismos y substratos para producción de SCP. (Las líneas gruesas muestran las combinaciones preferidas).

sa a partir de microalgas se iniciaron después de la Segunda Guerra Mundial en los Estados Unidos, Japón y Alemania. Se pensó que las microalgas eran mucho más productivas que las plantas superiores y se esperaba que su cultivo pudiera proveer de alimentos alternativos de bajo costo, necesarios para la población mundial que aumentaba con rapidez. Gran parte de los primeros trabajos estuvieron relacionados con las propiedades fotosintéticas básicas de las microalgas y con sus propiedades terapéuticas, antibióticas y toxicológicas.

cas. Al mismo tiempo, se desarrollaron algunos trabajos para explorar el papel de las algas en las lagunas, para la oxidación de desechos, mismas que han sido ampliamente utilizadas en Estados Unidos y otros lugares, antes y durante la Segunda Guerra Mundial.⁹

La primera aplicación comercial del cultivo de microalgas se derivó de los estudios iniciados y apoyados en Estados Unidos. Fue en Japón, a principios de los años setenta, en donde se desarrolló un

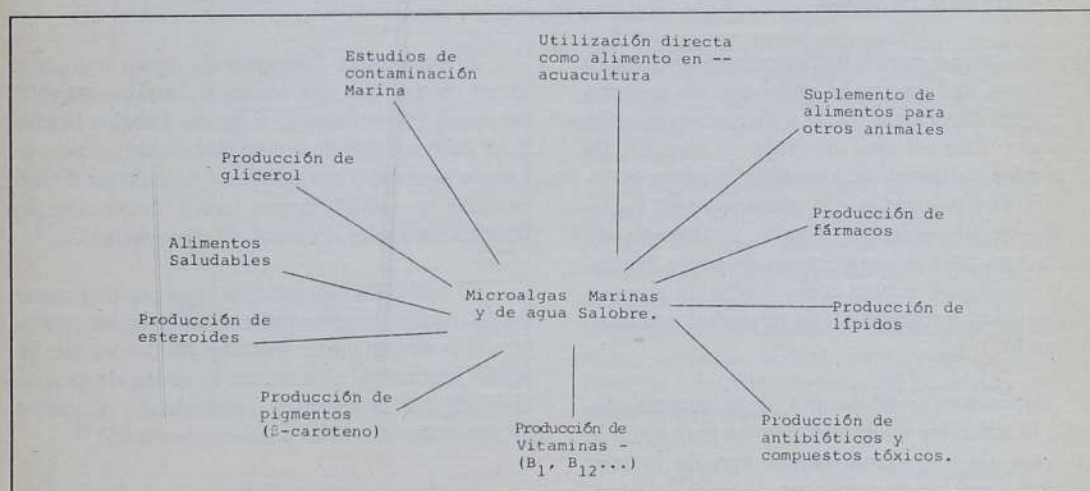


Figura 3. Algunas aplicaciones del cultivo de microalgas marinas y de agua Salubre.

mercado para un producto de *Chlorella* como suplemento alimenticio, por valor de cien millones de dólares anuales, lo que representó una producción aproximada de 1000 toneladas (peso seco) por año.¹⁰ A raíz de esto, algunas compañías se extendieron rápidamente en diferentes partes del mundo (Tabla 1).

La producción de microalgas como alimento en la acuicultura ha sido de gran impacto en los últimos años y su utilización principal es como alimento vivo para invertebrados y vertebrados acuáticos. La producción de microalgas en estos sistemas se lleva a cabo en laboratorios con temperatura controlada, luz y aereación continuas. Los recipientes de cultivo varían desde garrafones de vidrio y bolsas de plástico hasta estanques de fibra de vidrio de diferentes capacidades¹¹ (Figura 4).

Tratamiento terciario de aguas residuales con microalgas

Otro aspecto del cultivo de microalgas relaciona su producción masiva con la obtención de proteína de manera simultánea con el tratamiento de aguas residuales. Este enfoque dio origen al concepto de fotosíntesis industrial, en donde la biomasa generada en este proceso puede utilizarse como suplemento en alimentación animal y también en acuicultura para la alimentación de peces, moluscos y crustáceos; o bien como fuente de energía, combustibles, fertilizantes y de productos químicos. (Figura 5).

Dependiendo del destino de la biomasa, deberán establecerse diferentes criterios para evitar la presencia de contaminantes del tipo de metales pesados, residuos de pesticidas, bacterias patógenas y virus¹² (Tabla 2).

Tabla 1. Compañías internacionales que se dedican a la explotación comercial de microalgas (A. Richmond⁶).

País	Compañía
Jordania	Jordan Sulpho-Chemicals Co. (utilización de microalgas como suplemento proteico).
EUA	Cyanotech - Alimentos Saludables Microbio Resources - β -Caroteno Earthrise Farms, Cal - Alimentos Saludables (<i>Spirulina</i>).
Taiwán	Taiwan Chlorella Manufacture Co. Ltd. Taipei Producción de almidón con <i>Chlorella</i> .
México	Sosa Texcoco, S.A. Como alimento y para producción de pigmento con <i>Spirulina maxima</i> .
Israel	Koor-Food, Ltd. Producción de glicerol y β -caroteno con <i>Dunaliella</i> Koor-Hills Co. <i>Spirulina</i> .
Tailandia	Siam Algae Co. Ltd. Subsidiaria de Greater Japan Ink and Chemicals Inc. Alimentos Saludables, colorantes de alimentos, alimentos para peces — <i>Spirulina</i> .
China	China Chlorella, Co.
Japón	<i>Chlorella</i>

En menor escala se producen microalgas en:

Bélgica y EUA, para su aplicación en acuicultura (larvas de moluscos y para rotíferos); India, para alimentación de aves y ganado; Francia, España, Italia y Bulgaria, para alimentación animal.

El tratamiento biológico de aguas residuales es un campo que está teniendo amplio desarrollo en países como Francia, Canadá, Estados Unidos y en Asia, en donde se han dedicado muchos esfuerzos al estudio del potencial de cultivos de microalgas y cianobacterias para desarrollar en líquidos residuales domésticos y agropecuarios.¹³

El hecho de que muchas algas puedan crecer en un medio completamente inorgánico les confiere un potencial para remover nutrientes de las aguas residuales, eliminando la demanda bioquímica de los desechos y produciendo al mismo tiempo material celular potencialmente útil.¹⁴

La idea de utilizar microalgas con el propósito de tratar aguas residuales fue propuesta y probada

experimentalmente por Caldwell¹⁵ y, diez años más tarde, por Oswald y Gotaas.¹⁶ Desde esa época se han hecho muchos trabajos al respecto. La idea es proveer un tratamiento terciario para efluentes municipales o agrícolas, ya que las microalgas remueven de manera eficiente nutrientes como nitrógeno (amonio o formas inorgánicas, oxidadas de amonio) y fósforo (ortofosfato), causantes de la eutroficación cuando se vierten en cuerpos de aguas naturales. Las algas que se han cultivado y explotado en aguas residuales son principalmente los géneros *Chlorella* y *Scenedesmus*, aunque no ha sido rara la presencia de especímenes de los géneros *Chlorogonium*, *Chlamydomonas*, *Euglena* y *Micractinium*, pero en menor cantidad.¹⁷

Entre los problemas que enfrentan los cultivos de algas para su utilización en el tratamiento de residuales están: (1) Requerimiento de lagunas de gran extensión, (2) costo de los cultivos de microalgas, (3) necesidad de condiciones climáticas favorables y (4) recuperación de la biomasa. El primer punto puede resolverse utilizando cultivos hiperconcentrados. El costo es similar al que presentan otros procesos de tratamiento terciario, aunque con las microalgas puede superarse de

manera parcial, utilizando la biomasa o extrayendo productos de ella que tengan un alto valor agregado. El tercer punto se soluciona estableciendo el tratamiento bajo condiciones naturales burdas, o bien utilizando tecnologías de invernadero. El punto número cuatro es uno de los grandes problemas de la tecnología de microalgas, que se ha tratado de resolver en los últimos cuarenta años.¹⁸ El problema de recuperación de la biomasa se agudiza cuando se trata de algas unicelulares como *Chlorella* y *Scenedesmus*. De allí que en los últimos años las investigaciones se hayan orientado a la utilización de géneros de algas de tamaños celulares grandes o filamentosas, que formen agregados o bien que posean otras características que faciliten su recuperación (e.g. autofloculación). Ejemplos de estos últimos los constituyen especies de los géneros *Phormidium* y *Spirulina*.¹⁹

Una de las soluciones que se ha propuesto es la utilización de sistemas de microalgas inmovilizadas, con lo cual se elimina el problema de disponer de grandes espacios para la construcción de lagunas. Las ventajas y desventajas que presentan estos sistemas inmovilizados han sido reseñadas por varios autores.²⁰

Obtención de bioproductos

En los últimos años se ha despertado el interés por el cultivo de microalgas con fines industriales, lo que constituye una biotecnología novedosa. En opinión de los especialistas, puede llegar a ser un elemento importante en la producción de la materia orgánica y el alimento que el hombre necesita.

La producción de glicerol, beta-caroteno y lípidos, está recibiendo actualmente gran atención en algunos países europeos y asiáticos.⁸ El beta-caroteno es un precursor de la vitamina A, se utiliza como colorante en alimentos y tiene un valor terapéutico potencial en el tratamiento del cáncer. Actualmente se obtiene de manera comercial a partir de diferentes especies de *Dunaliella* en Australia, Israel y California.

El glicerol se obtiene comercialmente en Israel a partir de *Dunaliella*, que en condiciones apropiadas de cultivo produce y acumula grandes

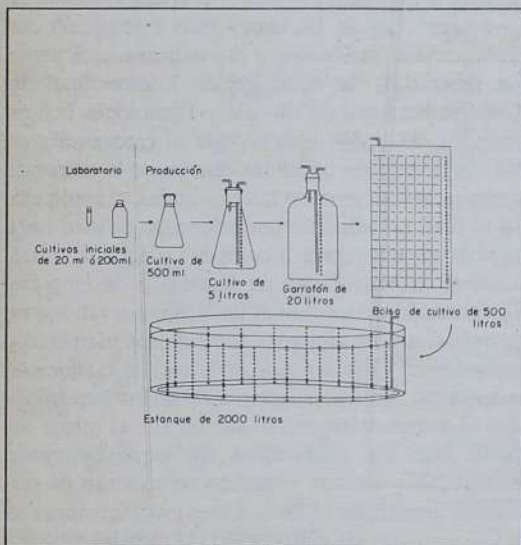


Figura 4. Escalamiento típico para la producción de microalgas en la actividad de acuicultura.

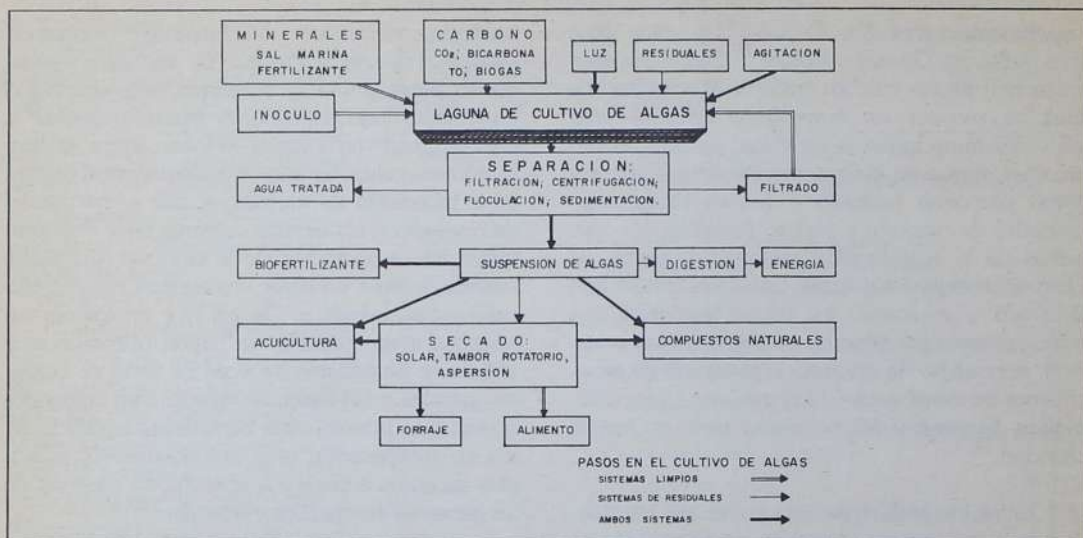


Figura 5. Diagrama de flujo de sistemas de cultivo masivo de algas.

cantidades de glicerol intracelular, ingrediente que constituye cerca del 50% de su peso seco. Con relación a los lípidos, en fecha reciente se ha reactualizado el interés en las algas verde-azules, como productoras de aceites y grasas. Entre las clorofitas, se señalan el contenido y calidad de los lípidos de *Scenedesmus* y se menciona que comparan favorablemente con el aceite de oliva. Dentro de los lípidos, el interés se ha enfocado a la obtención del ácido gama-linolénico, que es un ácido graso poliinsaturado esencial, al cual se atribuye la propiedad de reducir el colesterol en la sangre y probablemente el riesgo de enfermedades del corazón y la arterioesclerosis. Ciertas algas como *Spirulina platensis*, *Porphyridium cruentum*, *Ochromonas danica* y *Monodus subterraneus* contienen grandes cantidades de ácidos grasos esenciales.

Otros productos de importancia, que pueden obtenerse a partir de las microalgas y que resultan de interés como colorantes naturales, son los carotenoides (amarillo-naranja), xantofilas (naranja), astaxantina y cantaxantina (rojo), ficocianinas (azul) y clorofilina (verde).⁸

Experiencias en el Cinvestav

En el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav se estudia el tratamiento ter-

ciario de residuales porcinos. Para este fin se están utilizando las cianobacterias *Phormidium sp* y *Spirulina maxima*. Estos organismos se cultivan utilizando tanto sistemas de células en suspensión como de células inmovilizadas, en diferentes soportes. Los efluentes porcinos se someten antes a un tratamiento de digestión aeróbica en algunos casos y anaeróbica en otros. En el desarrollo de las investigaciones se ha establecido interacción con instituciones nacionales y del extranjero, a través de programas de colaboración internacional del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Los resultados obtenidos indican que el crecimiento de las cianobacterias utilizadas disminuye la demanda química de oxígeno de los residuales, obteniéndose al final un efluente terciario cuya calidad hace posible su vertimiento a cuerpos de agua, o su utilización en actividades de regadío y de limpieza. La remoción de los nutrientes (fósforo y nitrógeno) presentes en los efluentes secundarios (aeróbico y anaeróbico) es superior al 80% con los cultivos en suspensión. En los estudios con células inmovilizadas la kappa-carragenina resultó ser el mejor soporte bajo las condiciones de experimentación ensayadas, y se han obtenido remociones de nutrientes superiores al 90%. Otras investigaciones se relacionan con la eliminación de metales pesados presentes en efluentes líquidos mediante la utilización de cepas de clorofitas.



Tabla 2. Usos posibles de la biomasa de algas y de algas-bacterias. Se muestra asimismo el contenido de sólidos disueltos de la biomasa concentrada necesaria para el producto. Esto proporciona información sobre el proceso óptimo de cosecha requerido.

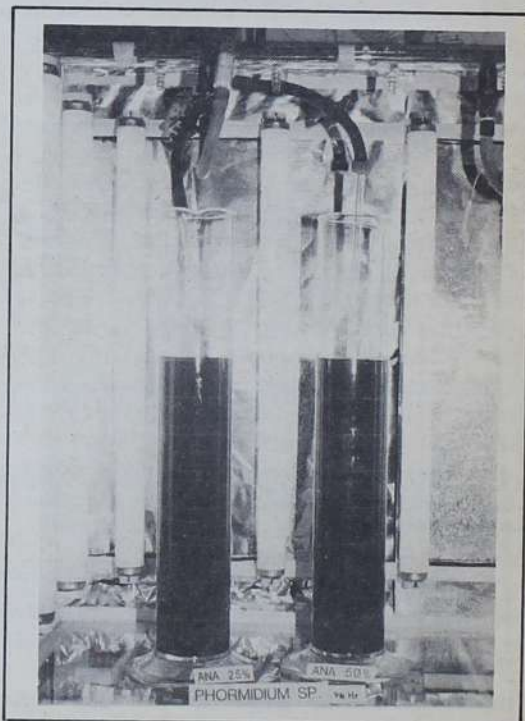
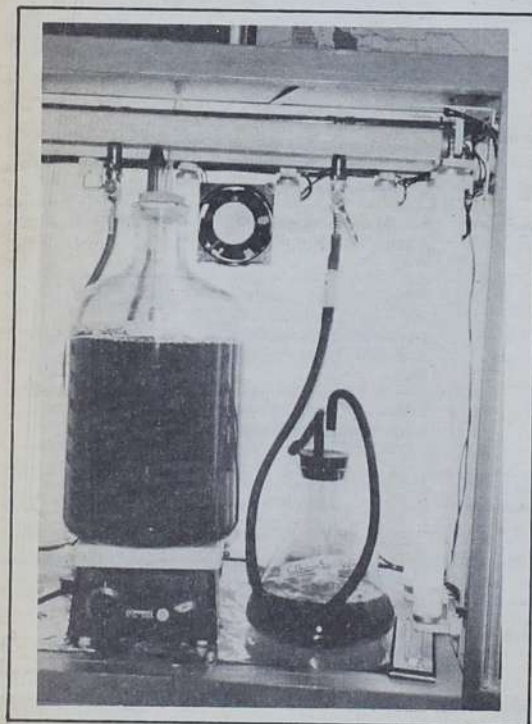
Usos de la biomasa	Productos finales	Crecimiento de la biomasa	Procesamiento después de la cosecha	Contenido de sólidos disueltos necesarios después de la cosecha (%)
Zooplankton (rotíferos, Moina, Daphnia).	Biomasa en suspensión no cosechada	Nutrientes definidos y/o residuales sin sustancias tóxicas	Ingesta de la biomasa por el zooplankton (cosecha biológica)	Sin cosechar
Larvas de peces	Polvo	Nutrientes definidos y/o residuales sin sustancias tóxicas	Secado en tambor rotatorio	>22
Peces	Pelets	Nutrientes definidos y/o residuales sin sustancias tóxicas	*Digestibilización secado por aspersión, aditivos y peletización	8-10 12-15
			Secado en tambor rotatorio, aditivos y peletización	>22
			Extrusión con cereales	>22
			Ninguno	5>22
Rumiantes, cerdos y pollos	Productos húmedos frescos sólo para rumiantes	Nutrientes definidos y/o residuales sin sustancias tóxicas		
	Productos húmedos preservados	Nutrientes definidos y/o residuales sin sustancias tóxicas	Acidificación láctica, (para animales rumiantes y monogástricos)	8 - 12
			Esterilización (sólo para rumiantes).	8 - 10
	Polvo (almacenable)	Nutrientes definidos y/o residuales sin sustancias tóxicas	Secado por aspersión (para rumiantes).	8 - 15
			*Digestibilización secado por aspersión (para animales monogástricos).	8 - 10
			Secado en tambor rotatorio (para animales rumiantes y monogástricos).	>22
	Pelets	Nutrientes definidos y/o residuales sin sustancias tóxicas	Secado por aspersión y peletización (para rumiantes).	8 - 15
			*Digestibilización, secado por aspersión aditivos y peletización para animales rumiantes y monogástricos).	8 - 10
			Extrusión con cereales (para animales rumiantes y monogástricos).	22>30
Producción de energía y tratamiento de residuales problemáticos y de agua potable	Biogas y productos húmedos (para desecho)	Residuales y agua potable conteniendo contaminantes	Fermentación básica	5 - 15
Tratamiento de residuales problemáticos y de agua potable	Lodos húmedos	Residuales, agua potable con contaminantes tóxicos los cuales bloquean la producción de metano	Desecho	>25

*Proceso para hacer digerible la biomasa.

Datos presentados en el 1er. Curso Internacional de Tópicos Selectos en el Cultivo de las Microalgas. 1990., México, D.F.

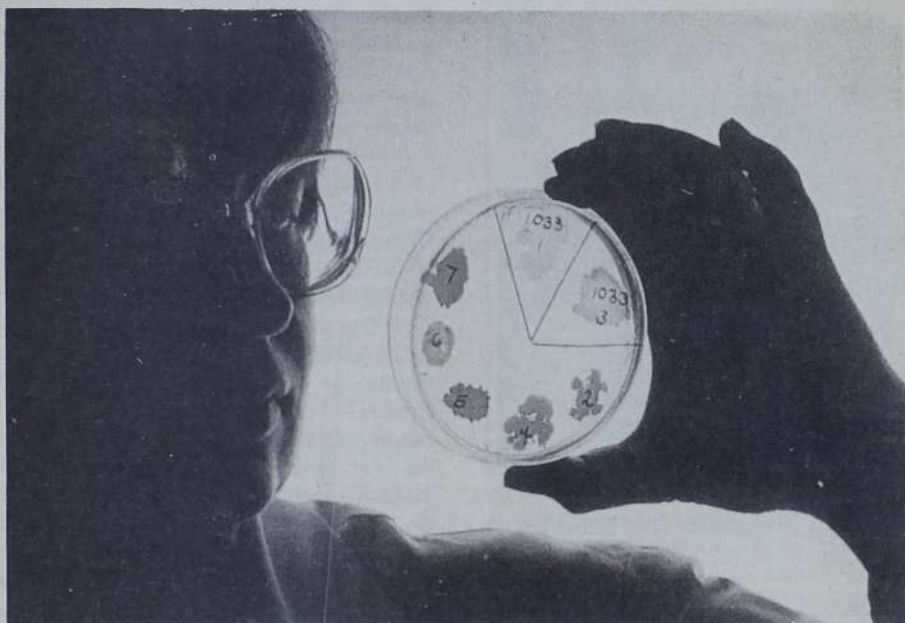
Notas

1. R.W. Castenholz y J.B. Waterbury, Cyanobacteria, en *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (1987).
2. H.C. Bold, C.J. Alexopoulos y T. Delevoryas, en *Morphology of plants and fungi* (Harper & Row, N.Y., 1980) p. 39.
3. P.K. Robinson, A.L. Mak y M.D. Trevan, (1986) 122.
4. L.H. Tiffany, *Algae. The grass of many waters*. (Charles C. Thomas, EUA, 1968).
5. S.H. Lips y Y.J. Avissar, en *Handbook of microalgae mass culture*, A. Richmond, Ed. (CRC Press, EUA, 1986) p. 43.
6. A. Richmond, Microalgae of economic potential, *ibid.*, p. 199.
7. W. Dimmling y R. Seipenbusch, *Hydrocarbon Processing* 54 (1975) 169.
8. A. Klausner, *Biotechnology* 4 (1986).
9. W.J. Oswald, en *Algae Biomass*, G. Shelef y C. Soeder, eds., (Elsevier/North-Holland) 1980 p. 1.
10. J.R. Benemann, *Ind. Microbiol.* 31 (1990) 247.
11. M.R. Brown, S.W. Jeffrey y C.D. Garland. Nutritional aspects of microalgae used in mariculture; a literature review. CSIRO Marine Laboratories report 205 (1989).
12. J. De la Noüe y N. de Pauw. *Biotechnol. Adv.* 6 (1988).
13. G. Shelef y C.J. Soeder, Eds., *Algae Biomass Production and use* (Elsevier North-Holland, Amsterdam) 1980.
14. M. Esqueda, Granjas porcícolas. Problemática ambiental y alternativas de solución. Reunión de consulta del Programa de Conservación Ecológica y Protección Ambiental. Tijuana, B.C. (1989); Y. Doyle y J. De la Noüe, *Biol. Wastes*. 22 (1987) 187; G.A. Pichard, J. De la Noüe, V.P. Piette y C. Kirovac, *Water Res.* 13 (1979) 1203; Pi-Hsin Tsai, *Proc. Int. Symp. Biogas, Microalgae & Livestock wastes*, Taipei, Taiwan, R.O.C. (1980).
15. C.H. Caldwell, citado en J. de la Noüe, P. Chevalier, y D. Proulx, *Wastewater treatment by immobilized cells* R.D. Tyagi y Kannan Vembu, Eds. (CRC Press 1990) p. 144.
16. W.J. Oswald y H.B. Gotaas, *Trans. Am. Soc. Civ. Eng.* 122 (1957) 73.
17. Leung H.N. Mc Garry y L.T. Lee, *Process Biochem.* (1974) p.5
18. P. Talbot y J. De la Noüe, en *Algal Biotechnology* T. Stadler et al. eds. (Elsevier, Londres, 1988) p. 403.
19. E.W. Becker, *Process. Biochem.* 16 (1981) 10; J. De la Noüe y D. Proulx, *Appl. Microb. Biotechnol.* 29 (1988).
20. F.B. Kolot, *Process Biochem*, Aug.-Sept. p. 2; S.K. Venkata y W.R. Vieth en *Progress in Industrial Microbiology* 15 (1979) 61; M.D. Trevan y A. L. Mak, *TIBTECH* 6 (1988) 68; A. Rosevear, *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 34 (1984) 127.



Colecciones de microorganismos

El Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav integró la primera colección de cultivos microbianos en América Latina.



Jovita Martínez Cruz

Cultivos microbianos

La microbiología es una de las ciencias que tiene mucho que ofrecer a los países en desarrollo por su trascendencia en la salud pública, medicina, agricultura e industria. Las colecciones de microorganismos constituyen el epicentro de la investigación en esta área del conocimiento, puesto que las exigencias de la disciplina son cada vez más es-

trictas en el empleo de cultivos de procedencia conocida, así como con la pureza y conservación garantizadas. Sin los constituyentes celulares o enzimáticos de los cultivos microbianos no se puede llegar a las aplicaciones de la microbiología —la biotecnología— que nos ofrecen productos y procesos de valor comercial.

El cambio de estructura morfológica y actividad metabólica de ciertos microorganismos puede ser acelerado por el ambiente artificial de un laboratorio con las características adecuadas para desarrollar nuevos procesos o mejorar su rendimiento. Por el contrario, esta tendencia puede ser inconve-

La Q.B.P. Jovita Martínez Cruz, profesora auxiliar del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav, es química bacterióloga parasitóloga de la ENCB-IPN. Es la responsable de la colección de microorganismos del Cinvestav.



niente en cepas seleccionadas para garantizar la conservación eficiente de un proceso biológico.

El alto costo involucrado en la selección de cepas, investigación, desarrollo, aplicación de patentes y promoción de productos significa la inversión de un capital considerable. Además, la factibilidad económica de algunas industrias biotecnológicas suele ser ligeramente superior a la de los procesos tradicionales. Todo ello resalta cada vez más la importancia de conservar, clasificar, estudiar y documentar de manera completa y accesible un acervo de cultivos microbianos auténticamente puros, que se encuentren disponibles sobre demanda y puedan constituir un factor decisivo en la generación de procesos biotecnológicos. Estas son precisamente las funciones que debe cumplir una colección de cultivos microbianos.

Antecedentes históricos

En la historia de la microbiología no existen datos exactos sobre la formación de las primeras colec-

ciones de cultivos microbianos. Se sabe que en 1880 Franz Král, en Praga, formó una de las primeras colecciones integradas por algunos cientos de cultivos de bacterias, levaduras y hongos filamentosos; esta colección pasó posteriormente a la Universidad de Viena y, al morir Král, Ernst Pribram de la Universidad de Loyola en Chicago consiguió llevarse la mitad de la colección, quedando el resto en la Universidad de Viena. Después de cinco años de trabajo, publicó en 1919 lo que se considera el primer catálogo microbiano, aunque se sabe que Franz Král en 1911 ya había dejado uno escrito.

Cuando Pribram muere, algunos cultivos son transferidos a lo que ahora es *The American Type Culture Collection* y el resto permaneció en Loyola. Se tiene noticia de que las colecciones japonesa y suiza datan de 1876, que se originaron como colecciones privadas, y que más tarde se incorporaron a otras instituciones como la Universidad de Cambridge en Inglaterra y el Northern Regional Research Laboratory en Peoria, Illinois, EUA. Al inicio del presente siglo se dio importancia mundial a la formación de colecciones microbianas. En 1914 la Asociación Internacional de Botánicos fundó en Holanda el *Centraalbureau Varr Schimmelcultures*. En 1920, en Londres, el Instituto Lister estableció *The National of Type Cultures*. *The American Type Culture Collection* de los EUA se originó en 1911 en el Museo de Historia Natural de Nueva York y se terminó de organizar en 1925. Después se sucedieron las colecciones del Instituto Pasteur, de la Universidad de París en Francia, la del Instituto Robert Koch y la de la Universidad de Gottingen en Alemania, las cuales aún están en plena actividad.

En México, Jeanot Stern, botánico de formación, desarrolló en 1939 el primer laboratorio de microbiología industrial en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN y organizó una colección de cepas con los principales microorganismos que producen fermentaciones y que intervienen en la producción de sustancias útiles en la industria. La colección se inició con aproximadamente 50 cepas de bacterias y hongos filamentosos que fueron utilizados para la enseñanza. Durante varias décadas no se presentó ningún avance sustancial en este campo en México.

A fines de 1972 se planeó la formación del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav, y con ello se pensó en la creación de una colección de cultivos microbianos a fin de contar con un acervo de cultivos puros utilizables en las actividades de docencia e investigación del Departamento.

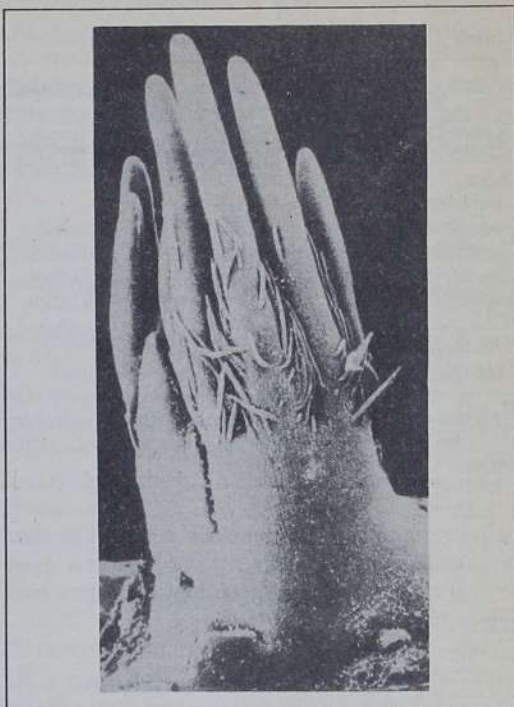
Actualmente existen más de 500 colecciones de microorganismos distribuidas en 58 países, registradas en la Federación Internacional de Colecciones Microbianas (WFCC por sus siglas en inglés). Cada colección cubre un amplio espectro de microorganismos, virus, líneas celulares, vectores, etc. La WFCC es una organización internacional interesada en establecer centros de abastecimiento de cultivos microbianos y difundir el trabajo realizado en las colecciones a través de todo el mundo. Juega un papel primordial en la organización de las actividades de las colecciones de microorganismos y tiene entre sus miembros expertos en las diferentes áreas de la microbiología.

La WFCC financia y es el responsable del Centro Mundial de Datos de Colecciones de Microorganismos (World Data Center, WDC). Este centro es pionero en la formación de un banco de datos con la información completa de las estirpes que cada colección mantiene, así como las actividades y servicios que presta.

El WDC sirve de enlace entre las colecciones, otros bancos de datos y las federaciones mundiales, nacionales y regionales. Algunos de los servicios que presta son la localización de colecciones, proyectos de investigación, microorganismos que se conservan, características específicas, disponibilidad y costos, obtención de catálogos, así como organización de cursos, conferencias y acceso directo a los bancos de datos.

La colección del Cinvestav

La Colección de Cultivos Microbianos del Cinvestav se integró en 1974 con microorganismos de importancia industrial y agrícola. En 1977 ingresó al Centro Mundial de Datos (WDC) con el número CDBB-500 para su identificación internacional. En 1981, debido a las actividades y servicios que la



Colección brinda dentro y fuera del país, quedó afiliada a la Federación Mundial de Colecciones Microbianas (WFCC). Actualmente, la Colección de Microorganismos cuenta con aproximadamente 3000 cultivos microbianos, de los cuales 28.66% corresponden a bacterias (bacterias verdaderas, *Rhizobium* y actinomicetos), el 23.33% a hongos filamentosos, 34.6% a levaduras, 1% a algas microscópicas de agua dulce y de mar, y 0.06% a protozoarios.

La colección del Cinvestav cumple varias funciones y ofrece diversos servicios a instituciones de enseñanza superior e investigación, así como a organizaciones del sector industrial y agrícola. Entre los servicios que ofrece se cuentan los siguientes: conservación, aislamiento y selección de cepas de importancia industrial y agrícola; identificación, caracterización y clasificación de cultivos microbianos; mantenimiento de la pureza y estabilidad de los cultivos; desarrollo de métodos de conservación confiables y eficientes; disponibilidad de los cultivos sobre demanda; depósito y resguardo de cepas; documentación actualizada de cada uno de

Tabla 1. Comparación de métodos de conservación

Método	Costo	Labor	Longevidad	Estabilidad
Resiembra	Bajo	Alto	c/6 meses	Pobre periódica
Aceite	Bajo	Medio	10-20 años	Pobre mineral
Agua destilada				
Esteril*	Bajo	Medio	1-5 años	Moderada
Suelo estéril*	Bajo	Medio	5-10 años	Moderada
Silica Gel*	Bajo	Medio	5-10 años	Buena
Liofilización**	Alto	Inicialmente	4-40 años	"Buena"
Congelación	Bajo	Medio	4-5 años	Moderada
Nitrógeno Líquido	Alto	Bajo	Infinito	Buena

*Métodos limitados sólo para algunos grupos microbianos

**Trabajos recientes mencionan que este método provoca serios daños al ADN.

los cultivos; manejo y control de inóculos; análisis de cinéticas de crecimiento y producción a nivel de matraz; y control microbiológico de procesos fermentativos.

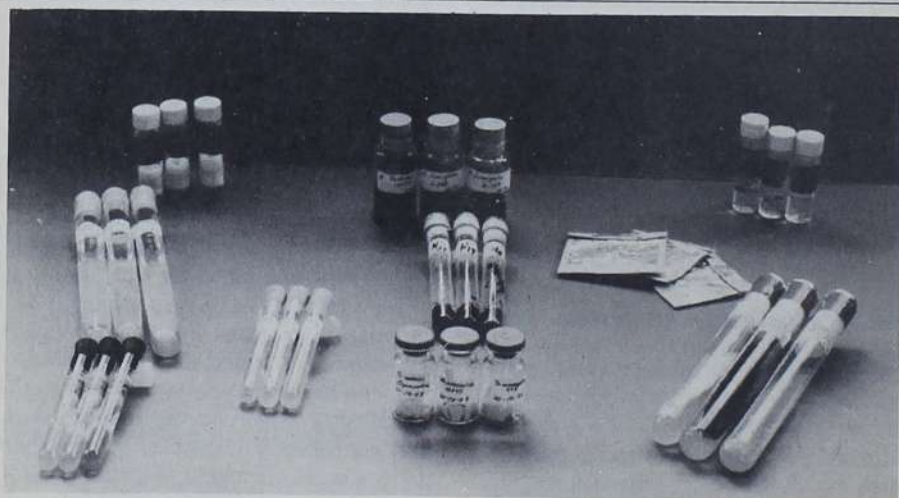
Conservación de cultivos

El término conservación se refiere a la acción de dar a una población, en este caso microbiana, la capacidad de retener su pureza, viabilidad, características morfológicas y fisiológicas de generación a generación. La protección de una configuración

genética de una cepa es muy difícil y posee serios problemas, ya que la progenie de cualquier célula está sujeta a cambios eventuales (genéticos) causados por el medio, o por la pérdida e intercambio de material genético durante el crecimiento y la reproducción. En muchas ocasiones estos procesos son irreversibles y no pueden ser previstos por completo, ya que varios procesos pueden estar activos a un mismo tiempo, además de la poca información que existe sobre ellos.

Para prevenir la degeneración de los cultivos, la metodología de conservación considera disminuir los factores externos, así como los mecanismos de recombinación genética o de reproducción. En la práctica este objetivo se logra resguardando a las células, en ausencia total de nutrientes, en un estado deshidratado o a temperaturas extremadamente bajas para evitar la acción enzimática por la carencia de actividad acuosa.

No existen métodos de conservación óptimos para todos los grupos microbianos. Sin embargo, se logran técnicas eficientes cuando se toman en cuen-



ta las siguientes consideraciones: (a) mantener por períodos relativamente largos un porcentaje alto de viabilidad y sin alteración de las velocidades de crecimiento; (b) conservar la composición genética de la progenie del cultivo original.

Según las necesidades y las características de los microorganismos, existen programas de conservación a corto y largo plazo; entre los primeros se encuentran la resiembra periódica bajo refrigeración, aceite mineral, agua destilada y la conservación en soportes inertes como tierra, arena, perlas de porcelana o vidrio, vermiculita, gel de sílice, papel fitro y discos de gelatina. Los segundos incluyen la liofilización y la congelación profunda a -196°C en nitrógeno líquido. En la Tabla 1 se presentan diversos métodos de conservación, sus costos, labor, longevidad y estabilidad genética que ofrece cada uno de ellos.

Para lograr una mayor eficiencia en un método de conservación son varios los factores que hay que considerar en forma simultánea, por lo que no es recomendable que sean considerados o estudiados como variables independientes: (1) Tipo de microorganismo; (2) condiciones de crecimiento y edad del cultivo; (3) concentración de oxígeno durante el crecimiento; (4) concentración celular; (5) factores fisicoquímicos del método de conservación; (6) soportes y protectores; (7) condiciones de almacenamiento; (8) técnica y medio de recuperación.

Si el uso de una técnica de conservación ofrece buenos resultados para determinado grupo de microorganismos es recomendable evitar cambios en la metodología. Cuando un método no resulta apropiado para otras especies, induce variaciones y es necesario ajustar los parámetros citados, con el manifiesto consumo de tiempo, dinero y esfuerzo, que hace que la conservación de microorganismos no sea una tarea sencilla ni universal.

Depósito de cepas

Otra función y servicio importantes que brinda la Colección es el depósito de cepas para salvaguardar la estabilidad de sus propiedades y garantizar la confiabilidad en la aplicación o uso de los cultivos depositados. Esto es particularmente crítico en ce-

pas de producción procedentes del sector industrial o que se encuentran en alguna fase de investigación: un nuevo taxa; cepas tipo, neotipo o de referencia; biotipos únicos; mutantes, cepas acarreadoras de plásmidos; y cepas localizadas en una área geográfica específica.

Las exigencias de precisión requeridas para proveer cultivos correctamente identificados, la diversidad y número de integrantes que constituyen el acervo microbiano de la Colección, aunado a la escasez de especialistas en esta materia en el país, hace que la labor de clasificación sea ardua y en muchas ocasiones compleja. Esta situación ha propiciado la creación de un programa de formación de personal dedicado a la taxonomía de microorganismos a través de diversos mecanismos de comunicación con los especialistas nacionales y extranjeros del más alto reconocimiento.

Banco de datos

El número de datos generados a partir de cada cepa, y de las funciones y servicios que brinda la Colección, creó la necesidad de poner en marcha un banco de datos computarizado en colaboración con la Sección de Computación del Cinvestav. El actual Sistema de Información de la Colección de Microorganismos SICCM-CIEA contempla las siguientes actividades: Publicación periódica de manuales y catálogos; aplicación de análisis de datos fenotípicos; organización de esquemas de identificación; aplicación de identificación probabilística; aplicación de la taxonomía numérica; determinación de poblaciones de acuerdo con su ecología; estandarización con el código internacional RKC; intercambio de información con otras bases de datos nacionales y extranjeras.

Con la reciente integración del Sistema SICCM-CIEA a la red de comunicación BITNET se logró el acceso a una gran variedad de recursos de cómputo e información locales y remotas. Al incrementarse los servicios de la Colección, aumenta la oportunidad de colaboración con otras entidades involucradas en la utilización de microorganismos, así como el intercambio de criterios entre los profesionales de mayor experiencia y los que se inician en este ámbito, lo cual coadyuva en la conformación de nuevos grupos de trabajo.

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO NACIONAL DE CALCULO

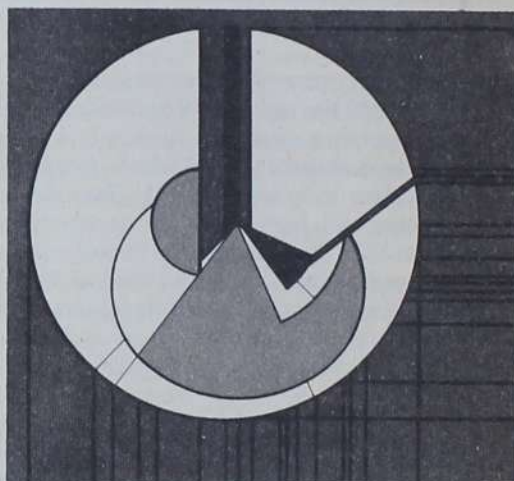


SIMPOSIUM NACIONAL DE COMPUTACION

AVANCES Y PERSPECTIVAS DE LA COMPUTACION

TEMAS

- ALGORITMOS
- ARQUITECTURAS DE COMPUTADORAS
- BASE DE DATOS
- CAD / CAM
- COMPUTACION EN LA EDUCACION
- INGENIERIA DE SOFTWARE
- INTELIGENCIA ARTIFICIAL
- LENGUAJES DE PROGRAMACION
- REDES EN CONECTIVIDAD
- SISTEMAS DISTRIBUIDOS
- SISTEMAS OPERATIVOS
- MULTIMEDIA
- NEUROCOMPUTACION
- SUPERCOMPUTACION



11, 12 y 13 de noviembre de 1992

SEDE

AUDITORIO "B"
ING. MANUEL MORENO TORRES
CENTRO CULTURAL
JAIME TORRES BODET
Unidad Profesional Adolfo López Mateos
Av. Wilfrido Massieu Helguera
C.P. 07738, México, D.F.

CUOTAS DE INSCRIPCION

PROFESORES Y ALUMNOS \$ 75,000
PUBLICO EN GENERAL \$ 150,000

INFORMES

Para mayores informes y envío de ponencias dirigirse
al Ing. Arturo Arreola
Depto. De Investigación Del Centro Nacional De Cálculo
Av. IPN Unidad Profesional Adolfo López Mateos
C.P. 07738, México, D.F.
Tel. 586 47 11 Ext. 32 y 44 Telefax 586 29 90

Uso de la lignina y sus derivados

La lignina es el segundo componente más abundante producido por las plantas. Tiene aplicaciones como aditivo de alimentos, en la industria del concreto y de perforación de pozos petroleros, así como dispersor de colorantes.



Refugio Rodríguez Vázquez

Biomasa celulósica

Dentro de los tipos de biomasa celulósica se tienen la cebada, los residuos agrícolas (como las pajas de trigo), forestales (como las ramas brazuelos), los desechos de sólidos municipales (DSM), los mate-

riales herbáceos y las plantas de maderas. La biomasa celulósica es una mezcla compleja de polímeros de carbohidratos conocidos como celulosa y hemicelulosa, además de lignina y cantidades bajas de otros componentes extractibles y cenizas, los cuales están contenidos en la pared celular de las plantas. La Figura 1 muestra las cantidades relativas de estos componentes.

La Dra. Refugio Rodríguez Vázquez, profesora adjunta del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav, es ingeniera de la ESQIE-IPN y obtuvo su doctorado en la Universidad de Colorado, EUA. Su área de investigación es la caracterización y utilización de materiales lignocelulósicos, así como la biodegradación de compuestos de tipo fenólico.

La celulosa esta constituida por monómeros de glucosa, enlazados por cadenas largas y sostenidos en estructuras bien definidas, que pueden ser cristalinas o desordenadas (región amorfa). La he-

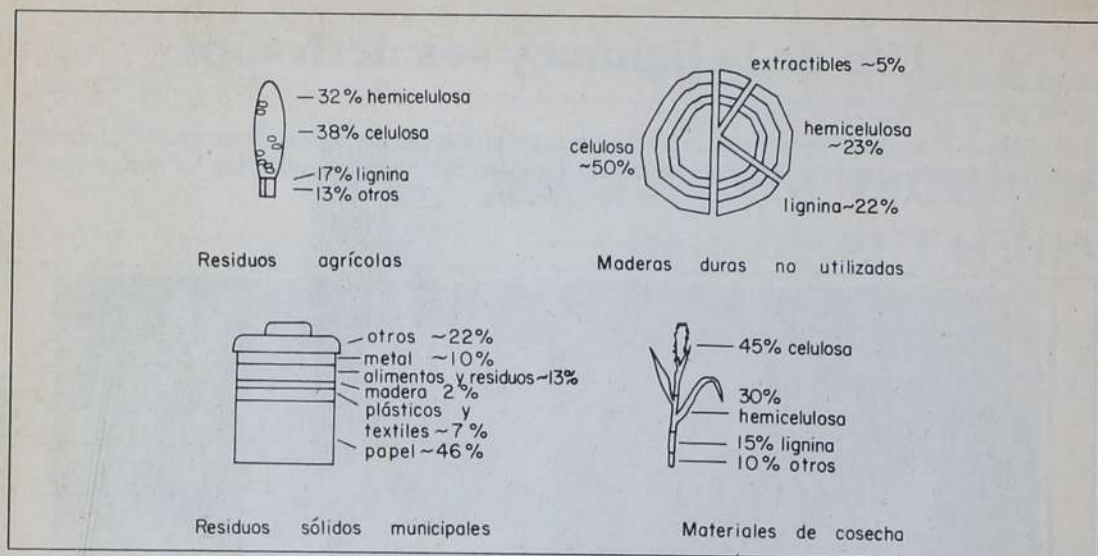


Figura 1. Composición relativa de residuos agrícolas, maderas duras sin utilizar, residuos sólidos municipales y plantas herbáceas.

micelulosa es la porción de la biomasa formada por cadenas largas de diversos azúcares que constituyen la estructura amorfa. En maderas duras la principal hemicelulosa es la xilosa, un azúcar de cinco carbonos, que es difícil transformar en otros productos en comparación con la glucosa.

La lignina es un heteropolímero integrado por tres tipos de unidades de fenilpropano; de estructura compleja, su proporción en los tejidos vegetales es bien conocida¹. La lignina es el segundo componente más abundante producido por las plantas y el que las protege contra la penetración de microorganismos y diversas sustancias. La Figura 2 presenta una estructura del arreglo de los componentes en un tejido de madera².

Antecedentes históricos

La historia sobre la utilización de la lignina se inicia en el año de 1880, con los lignosulfonatos producidos durante el proceso de pulpeo basado en calcio. Los lignosulfonatos producidos de esta manera mostraban una excelente calidad curtiende, empleándose también como aditivos para colorantes de baño. En el año de 1895 se patentó el primer uso de la lignina como adhesivo producido a partir de licores sulfíticos. A principios de este siglo

fueron detectados problemas de contaminación en el proceso de pulpeo basado en el empleo de calcio; debido a ello se intentaron otras opciones para el posible uso de la lignina contenida en los licores residuales de pulpeo. A principios de 1900 surgió el proceso de pulpeo Kraft (NaOH , Na_2S) y para el año de 1930 se contó con las ventajas modernas del sistema de recuperación de los compuestos químicos. Los residuos de la lignina del proceso de pulpeo Kraft proporcionaron una fuente de producción de lignina muy alta. Dada la naturaleza del sistema de recuperación, y debido a las dificultades para obtener una lignina sin modificaciones mediante un método que usara ácido en su preparación, los licores que contenían lignina fueron extensamente empleados sólo como combustible.

Durante este siglo, la investigación sobre la aplicación de la lignina ha generado diversos usos de los lignosulfonatos, los cuales son empleados comercialmente. De hecho, con la disminución en el uso del proceso con sulfito y debido a la gran demanda de los lignosulfonatos, la lignina Kraft es sulfonada y vendida para cubrir las necesidades del mercado. Aun así, se tiene una gran cantidad de lignina sin un uso adecuado.

En 1980, cerca de 20 millones de toneladas de lignina Kraft y 1.5 millones de toneladas de lig-

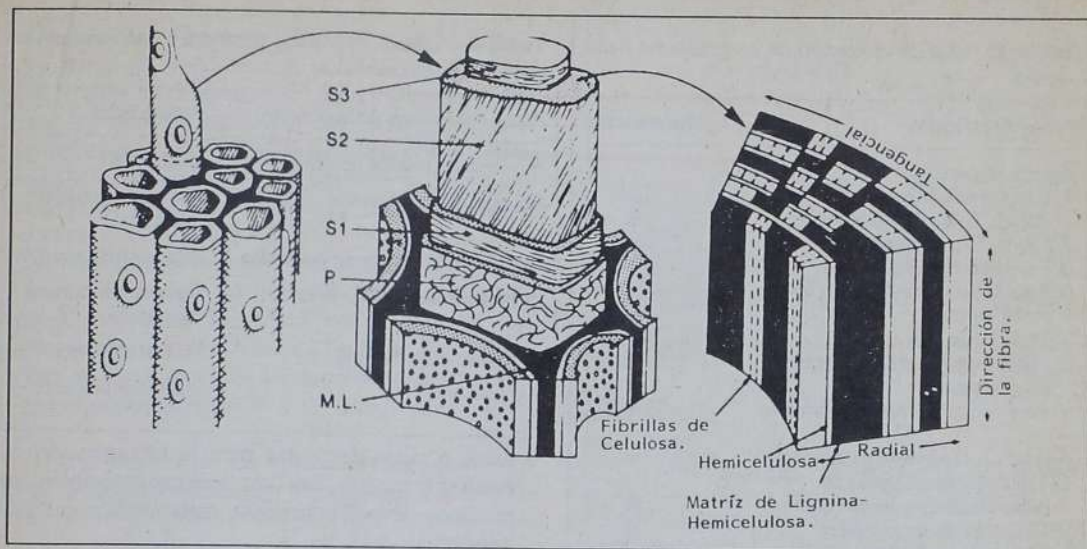


Figura 2. Estructura y arreglo de los componentes del tejido de madera, mostrando la relación de las células contiguas. (a) Vista de las capas de la pared celular, (b) probable relación de la lignina, hemicelulosa y de las fibrillas de celulosa en la pared secundaria. El diámetro de cada célula es de aproximadamente 25 micrómetros. S1- S3 pared secundaria de la célula; P pared primaria; ML la mela media (Kirk 1983).

nosulfonatos fueron generados por el proceso de pulpeo en la industria de papel de los EUA; la producción mundial corresponde al doble de dicha cantidad. No obstante las elevadas cantidades de lignina disponible, solamente 35 000 toneladas de lignina Kraft y 700 000 toneladas de lignosulfonatos han sido utilizados³.

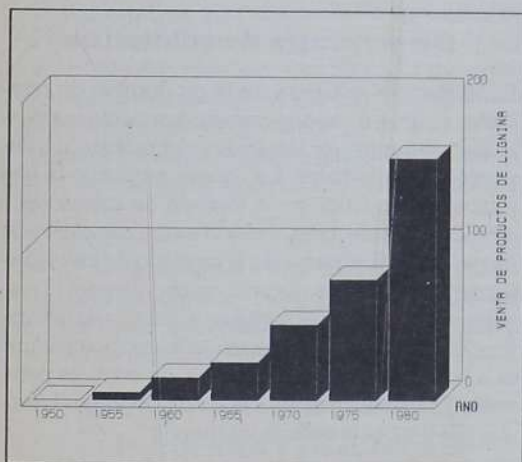


Figura 3. Venta mundial de derivados de la lignina en millones de dólares.

Aplicaciones

Los lignosulfonatos y la lignina Kraft sulfonada se emplean en forma muy diversa, ya sea como aditivos de alimento para animales, en la perforación de pozos petroleros, en la industria del concreto, o como dispersor de colorantes. También se utiliza en el tratamiento de aguas residuales, como precipitador de proteínas en el proceso de refinamiento de metales y en la producción de compuestos de bajo peso molecular⁴. La lignina es muy eficaz en varios de estos usos, especialmente por su capacidad dispersante, de formación de complejos, y por sus propiedades enlazantes y estabilizantes. El cambio en las propiedades físicas de la lignina contenida en maderas hace posible el moldeado del material en la fabricación de muebles.

A pesar de todas esas aplicaciones potenciales, se le ha dado relativamente poco uso a la lignina. Esto se debe en parte a su naturaleza heterogénea, así como a la falta de información de sus múltiples propiedades³. Una aplicación potencial de la lignina contenida en los licores negros del proceso del pulpeo Kraft está asociada a la disminución de la contaminación en las aguas residuales.

Tabla 1. Áreas de aplicación de los productos de la lignina.

Áreas de aplicación	Referencias
<i>Agente dispersante</i>	
1. Carbón activado y dispersión de pigmentos	4, 6 4
2. Cemento y concreto	3, 6
3. Fórmulas de colorantes	4, 3
4. Agente de expansión de plomo y de baterías	4, 3
5. Paredes de yeso	4, 3
6. Humectante y antiapelmazante de pesticidas	3
7. Perforación de pozos petroleros	3, 4, 6
<i>Agente acomplejante y dispersante</i>	
1. Tratamiento de aguas de calentamiento y enfriamiento	4
2. Inhibidor de la corrosión	4
3. Limpiador industrial	4, 7
4. Micronutrientes	3, 4
5. Precipitación de proteína	4
6. Agentes curtientes	4, 7
<i>Enlazante</i>	
1. Adhesivo para tableros y aglomerados	6, 8
2. Pastillas para alimento de animales y aves	4
3. Cerámicas y refractarios	4, 7
4. Arenas de fundición	4, 7
5. Acondicionamiento de suelos y carreteras	4, 7
<i>Estabilizante de emulsiones</i>	
1. Emulsificante de asfaltos	3
2. Estabilizador de ceras	4
<i>Producción de materiales aromáticos</i>	
1. Vainillina	9
2. Dimetilsulfóxido, dimetilsulfuro metilmercaptano	9
3. Derivados de catecol y benceno	5, 9, 10
<i>Otros</i>	
1. Acondicionador de melazas	4, 7
2. Extinguidor de fuego	

La investigación sobre el uso de la lignina ha sido muy productiva en las dos décadas pasadas. De 1972 a 1982 se produjeron cerca de 100 patentes norteamericanas. Se han desarrollado nuevas áreas de investigación, como en el control de la liberación de pesticidas, en dispersión de colorantes, en la búsqueda de emulsificantes para as-

Tabla 2. Áreas de aplicación potencial y propiedades de la lignina y sus derivados.

Áreas potenciales de aplicación	Propiedades
Sustituto de resinas fenólicas	Enlazante
Recuperación de aceite	Adsorción/tensión interfacial
Control y liberación de pesticidas	Adsorción/desorción
Superplastificante de concreto	Dispersante/control hidratante
Reforzamiento de hule	Fuerza mecánica
Antioxidante	Inhibidor fenólico

faltos y de surfactantes para la recuperación de aceites terciarios. Se han mejorado también los procesos de polimerización, carboxilación y sulfonación.

Las utilidades asociadas al uso de la lignina en la industria han sido amplias en las últimas décadas. La Figura 3 ilustra el aumento dramático en el perfil de crecimiento de ventas de la lignina. En 1980, las ventas totales fueron de 180 millones de dólares. La Tabla 1 contempla diversas áreas de aplicación de la lignina y sus derivados. La Tabla 2 muestra sus aplicaciones potenciales, así como las propiedades de sus derivados que hacen de este producto una fuente viable para diferentes casos específicos.

Dispersantes de colorantes

La tecnología moderna de la producción de colorantes se lleva a cabo a elevadas temperaturas y requiere de un mayor desarrollo del proceso de dispersión de colorantes. La lignina proporciona una estabilidad superior en la fórmula de colorantes a temperaturas elevadas. Debido a esta característica, dicha lignina Kraft dominó el mercado de los dispersantes de colorantes durante mucho tiempo. El mecanismo por el cual se lleva a cabo esta estabilización aún se desconoce; sin embargo, se cree que es a través de una fuerte interacción entre las partículas del colorante ocasionada por los grupos hidroxilo (OH) y por la cadena insaturada³.

Uno de los problemas con los dispersantes provenientes de la lignina Kraft es su tendencia a

manchar fibras textiles y reducir los colorantes de tipo azo ($-N=N-$); esto se debe a que la lignina es un compuesto que se oxida fácilmente. Además, se tiene el problema del oscurecimiento o amarillamiento del papel ocasionado por el contenido de lignina debido al insuficiente blanqueamiento de la pulpa. El catecol y otros compuestos que contienen hidroxilos (OH) hidrogenan a los compuestos azo, ocasionando una reducción en la coloración. Se han hecho varios intentos para bloquear esos compuestos fenólicos. El proceso más eficiente mejora el sistema en un 85%, por un proceso en dos pasos que bloquea cerca de un 90% de los grupos hidroxilo³.

La mayoría de los lignosulfonatos producidos por el proceso sulfítico no son estables a altas temperaturas, al contrario del producto obtenido por el proceso Kraft. Se han desarrollado métodos para mejorar su estabilidad, entre los cuales se tienen la ultrafiltración, desulfonación, condensación con formaldehído, así como oxidación en álcali con aire y oxígeno, semejante a la producción de vainillina y la reacción de polimerización de entrecruzamiento de la lignina producida por el proceso sulfítico con la lignina del proceso Kraft.

Por supuesto la oxidación de la lignina aumenta el problema de la reducción de color del colorante azo y también oscurece los lignosulfonatos al punto de que no se pueda usar. Recientemente, sin embargo, se han desarrollado lignosulfonatos sin esas propiedades mediante la reacción de lignina sulfítica con alcoholes bencílicos. El mecanismo de interacción propuesto por Lin³ se presenta en la Figura 4. Los grupos sulfonato crean una carga fuertemente electronegativa que ocasiona la repulsión de interpartículas, por lo cual se estabiliza el colorante.

Los dispersantes a base de lignina dominan el mercado debido a su bajo costo y a su favorable acción como dispersantes con respecto a los dispersantes sintéticos derivados del petróleo.

Adsorbentes y desorbentes

Desde 1978 se ha empleado un proceso para la obtención de geles de lignina de alto peso molecu-

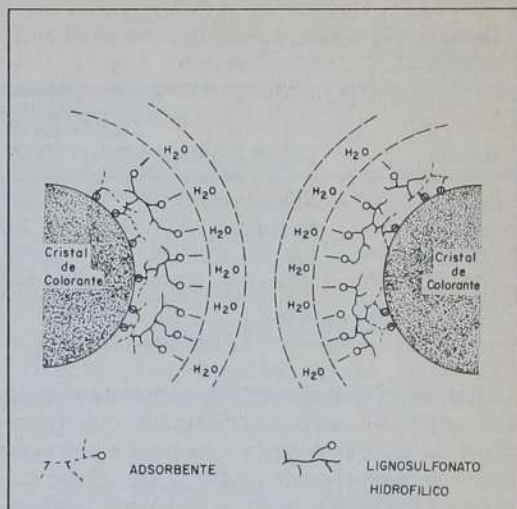


Figura 4. Mecanismos de dispersión de colorante y estabilidad de dispersantes de lignina (Lin. 1980a).



Tabla 3. Efecto de las mezclas de herbicidas/lignina para el control de hierbas.

Muestra	Vegadex/lignina	Control de la hierba Días después de la aplicación		
		35	65	95
Control	Ninguno	3	3.7	3.7
Vegadex	Ninguno	0.5	1.3	2.0
Vegadex/lignina	1:2	0.7	0.7	1.2
Vegadex/lignina	1:3	0.7	0.7	1.7

* Hierba control—0 (control completo), Ref. 11.

lar usados en cromatografía de permeación de gel. Las columnas usan camas de lignina, que son capaces de separar polímeros en base a sus pesos moleculares en el rango de 10^3 a 10^5 de peso molecular. Esos geles pueden ser fácilmente modificados mediante reacciones químicas de carboxilación y sulfonación, con el fin de alterar la interacción dipolar y favorecer el sistema de separación en sis-

temas acuosos. Esta propiedad podría disminuir potencialmente el costo del sistema de tratamiento de aguas residuales y el proceso de purificación de compuestos químicos.

Un desarrollo reciente es la utilización como adsorbente/desorbente para la lenta aplicación de insecticidas. Los insecticidas, que son agentes biológicos activos, pueden ser atrapados en la matriz macromolecular de la lignina, sostenidos por fuer-

zas de Van Der Waals o por enlaces iónicos. El agente es liberado lentamente en el suelo por difusión a través del polímero de lignina o a través de la degradación del polímero mismo.

Los tratamientos de liberación lenta son efectivos para controlar el crecimiento de hierbas silvestres, como se observa en la Tabla 3. Los pesticidas soportados en lignina son fácilmente manipulables, menos tóxicos que otros métodos de aplicación y permiten tratamientos más eficientes.

Agente secuestrante

Las propiedades secuestrantes de la lignina pueden ser usadas en combinación con iones metálicos, con el fin de formar los micronutrientes usados en aplicaciones agrícolas. Los iones metálicos combinados con los lignosulfonatos incluyen: Fe, Zn, Mg y Mn. El mecanismo para la formación de complejos incluye la participación de los grupos catecolicos. Los iones calcio no pueden formar complejos de manera eficiente sin su modificación hacia funciones carboxílicas. Esto pone a los lignosulfonatos en desventaja con los compuestos policarboxílicos para formar complejos con Ca.

Recuperación de compuestos químicos del petróleo

Durante la extracción del petróleo se obtiene una baja tensión superficial con los surfactantes. Estos compuestos proporcionan fuerzas de alta capilaridad en las rocas porosas que retienen el petróleo so-



Tabla 4. Precios de algunas materias primas y químicas.

Fuente	Material	Precio/libra (U. S. D.)
Biomasa	Lignina Kraft	10-15 c
	Lignosulfonato	3-7 c
Petróleo	Aceite crudo	15 c
	Condensado de sulfonato de naftaleno	60-80 c
	Sulfonato de petróleo	50-70 c

brante de las dos primeras etapas de la recuperación en los pozos petroleros. Los sulfonatos de petróleo son caros; sin embargo, comúnmente se les emplea en la extracción del petróleo. La Tabla 4 representa los precios de algunos compuestos químicos y lignosulfonatos. El porcentaje del petróleo perdido durante el proceso de recuperación es alto debido al remanente dejado en la superficie de las rocas. Desafortunadamente, los lignosulfonatos por sí solos no son muy eficientes. Pueden actuar en forma sinérgica con petrosulfonatos para producir una tensión superficial muy baja, resultando en una recuperación del 98% del petróleo.

Emulsión de asfaltos

La tecnología de emulsificación catiónica y aniónica de asfaltos ha mejorado durante los últimos 15 años. Los emulsificantes de la lignina catiónica se elaboran mediante la reacción de la lignina Kraft con glicilamina. La Lignina-amina cuaternaria resultante es soluble en agua y puede ser usada para un cuajado

lento del asfalto. La emulsión empleada con mayor frecuencia es la de cuajado rápido; sin embargo, es necesario mejorar el desarrollo tecnológico de este tipo de emulsiones.

Los emulsificadores de lignina aniónica son ligninas de bajo contenido de sulfonato. Los lignosulfonatos del licor gastado del proceso al sulfito pueden ser primero desulfonados en solución alcalina a temperaturas elevadas. Esto se debe a la compatibilidad de los lignosulfonatos con el asfalto, siendo inversamente proporcional al grado de sulfonación. Los agregados (arena, grava, etc.) usados en el asfalto deben estar bien revestidos.

Materiales lignocelulósicos

A principios de 1979 se iniciaron las investigaciones para la obtención de *biocrudo*, que es una mezcla de hidrocarburos derivados de la biomasa lignocelulósica y puede ser producida por pirólisis o por descomposición térmica de la madera, de material de cosechas o de otros residuos lignocelulósicos. En este proceso el contenido de lignina es de suma importancia para el rendimiento del biocrudo, por lo que sería favorable mejorar genéticamente el material lignocelulósico a fin de aumentar el contenido de lignina y reducir el contenido de carbohidratos y cenizas⁵. La Figura 5 presenta un diagrama representativo de la conversión de materiales lignocelulósicos.

Los alcoholes tales como metanol, etanol, butanol e isopropanol pueden ser producidos a partir de azúcar, almidón o materiales lignocelulósicos

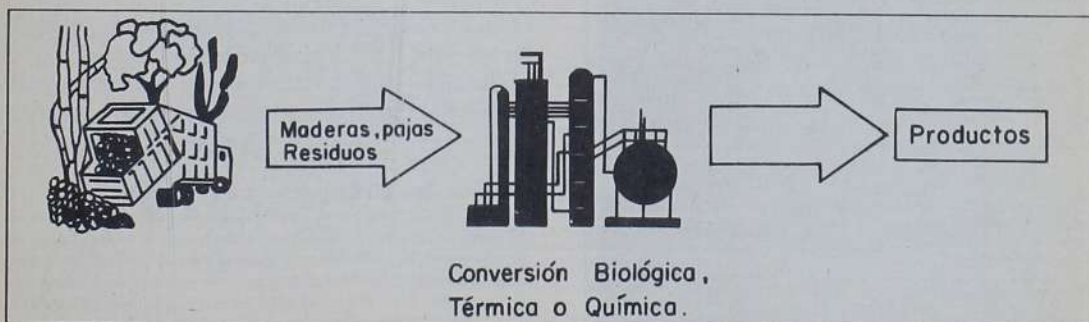


Figura 5. Diagrama mostrando la conversión de varios materiales lignocelulósicos.

(maderas, pajas, etc.). Los alcoholes pueden ser mezclados con gasolina e inclusive ser empleados en lugar de gasolina después de un reajuste del motor; de hecho más de un 8% de la gasolina mezclada con 10% de alcohol es vendida como combustible.

Conclusiones

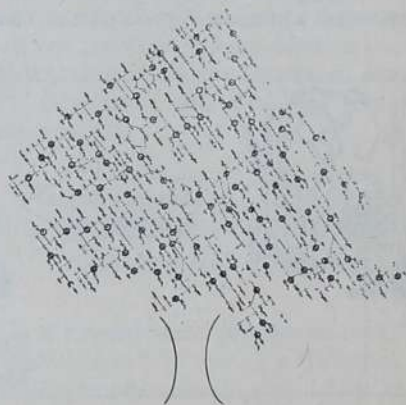
Existe un gran volumen de información sobre la utilización de la lignina en sus diversas formas. En este artículo se ha tratado de cubrir los desarrollos más recientes sobre el tema. Los lignosulfonatos son hasta ahora el único derivado de la lignina que se utiliza comercialmente. Con la cantidad de investigación que hoy se lleva a cabo, especialmente en el área de adhesivos, es muy probable que se puedan encontrar otros posibles usos de la lignina. Es obvio que existen otras alternativas de

su uso como sustituto del petróleo o dispersante de colorantes. Aún más, en la medida que se ha demostrado la poca conveniencia del uso de energía a partir de fuentes fósiles, aumentará la búsqueda de nuevas alternativas de generación de energéticos como la biomasa.



Notas

1. K.V. Sarkanen y C.H. Ludwing, *Lignins: Occurrence, formation, structure and reactions* (John Wiley, 1971).
2. T.K. Kirk, en *The Filamentous Fungi*, Eds. J.E. Smith, et al. 4 (1983) 266.
3. S.Y. Lin, en *Progress in Biomass Conversion*, Vol. 4. Eds. D.A. Tillman y E.C. Jahn (Academic Press, 1983) p. 31.
4. C.H. Hoyt y D.W. Goheen, en *Lignins: occurrence, formation, structure and reactions*, Eds. K.V. Sarkanen y C.H. Ludwing (John Wiley, 1971) p. 833.
5. Véase *Biofuels and Municipal Waste Technology Program*, DOE/CH10093-25, (julio de 1988).
6. G.T. Maloney, *Chemical Technology Review* 101 (1978) p. 33, 160, 219.
7. I.A. Pearl, en *Chemistry of Lignin* (Marcel Dekker, 1967) p. 292.
8. E.J. Soltes y S.-C. Lin en *Progress in Biomass Conversion*, Vol. 4, Eds. D.A. Tillman y E.C. Jahn (Academic Press, 1983) p. 79.
9. D.W. Goheen, en *Lignins: Occurrence, formation, structure and reactions*, Eds. K.V. Sarkanen y C.H. Ludwing (John Wiley, 1971) p. 797.
10. R.W. Coughlin, D.W. Sunstrom, H.E. Kei y E. Avni, en *Bioconversion Systems*, Ed. D.W. Wise (CRC Press, 1984) p. 41.
11. R.M. DeGroote, M.G. Neuman, J.R. Lechat, A.A. Curvelo y J. Alaburda. "The sulfomethylation of Lignin". *TAPPI Journal*, 70 (1987) 138.



Biotecnología de células y tejidos vegetales: Metabolismo secundario

Con el empleo de la biotecnología de plantas, en un futuro no lejano muchos de los productos vegetales que empleamos cotidianamente serán originados o producidos en un laboratorio.

**Carlos Arias Castro,
Martha A. Rodríguez Mendiola
y Graciano Calva Calva**

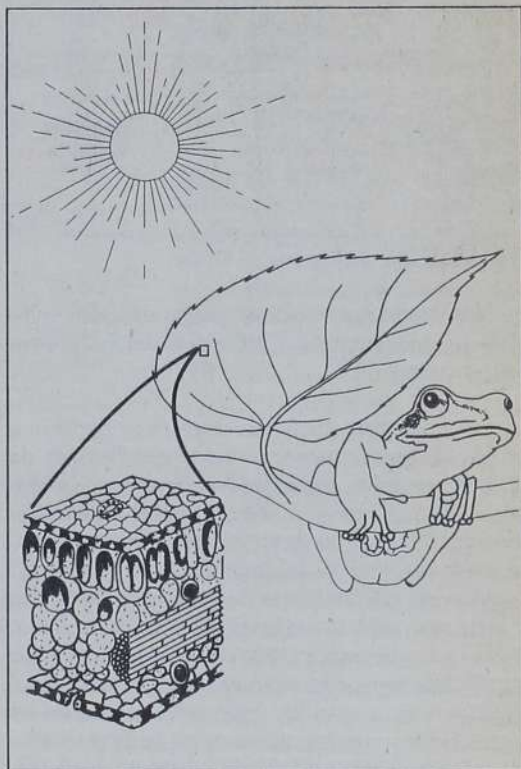
El cuerno de la abundancia: ciclo del carbono

El ciclo del carbono (Fig. 1) constituye la parte esencial para entender las plantas superiores como fábricas bioquímicas que sintetizan lo que necesitan a fin de sobrevivir a partir del aire, agua y minerales. Puesto que lo que impulsa el ciclo es la luz solar, se puede decir que *el objeto* del ciclo es convertir energía solar en energía química. (Digamos, de paso, que esto fue señalado por primera vez por el físico alemán Julius Robert van Mayer.)

La energía química hace posibles todas las manifestaciones de la vida y, dado que su origen es la energía solar, toda manifestación de vida sobre la Tierra (incluida la nuestra) depende en última instancia del Sol.

Metabolitos

El término más vago de todos los empleados en la Fig. 1, que es la representación más simple del ciclo de carbono, es *alimento*. La gran variedad de alimentos puede reducirse a tres clases de substan-



cias que, juntas, constituyen la mayor parte de todos los comestibles conocidos: (1) carbohidratos, (2) lípidos o, más comúnmente, grasas, y (3) proteínas. Es conveniente mencionar que este tipo de compuestos son sintetizados no sólo por las plantas, sino que ocurren prácticamente en todos los organismos como constituyentes esenciales para la vida, el crecimiento y el desarrollo fisiológico. Debido a estas últimas características se les ha denominado *metabolitos primarios*. Por otra parte, como regla general, los metabolitos primarios utilizados comercialmente son productos considerados

El Dr. Carlos Arias Castro, profesor adjunto del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav, es químico de la Universidad de Guanajuato y obtuvo su doctorado en la Universidad de Sheffield, Inglaterra. La Dra. Martha A. Rodríguez Mendiola, profesora adjunta del mismo departamento, es química de la UANL y obtuvo su doctorado en la Universidad de Sheffield, Inglaterra. El M. en C. Graciano Calva Calva, profesor auxiliar del mismo departamento, es químico de la ENEP Iztacala y obtuvo su grado de maestría en el mismo Cinvestav.

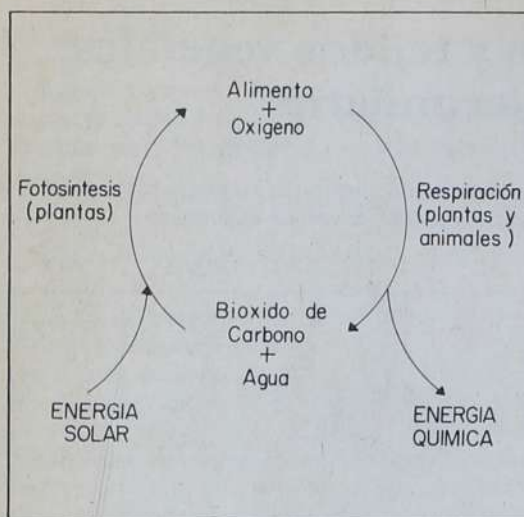


Figura 1. El ciclo del Carbono.

de bajo precio-gran volumen de producción; entre ellos se encuentran las proteínas, ácidos grasos, azúcar y almidón.¹

Por nuestra experiencia diaria es evidente que las plantas parecen ser una fuente casi ilimitada de otros compuestos, formados a partir de metabolitos primarios que muestran una extrema diversidad estructural y que se conocen, también arbitrariamente, como *metabolitos secundarios*. En contraste a la creencia de que este tipo de productos no tienen una función explícita en la subsistencia de la planta, existe cada vez mayor evidencia de que numerosos metabolitos secundarios tienen un importante papel fisiológico. En particular, están involucrados en las interacciones entre las células de la planta productora, así como entre especies de organismos específicos. Además, con frecuencia actúan como interface entre la planta productora y el medio ambiente que la rodea^{2,3}. Así, los brillantes y variados pigmentos pueden atraer polinizadores; compuestos de sabor dulce (amargo) pueden atraer (rechazar) predadores que ayuden a dispersar las semillas (o destruyan la planta).

Los metabolitos secundarios constituyen un grupo químico diverso que incluye alcaloides, flavonoides, glicósidos, fenoles, saponinas, esteroides y terpenoides. Sin embargo, su biosíntesis está restringida a un pequeño grupo taxonómico de plan-

tas. Debido a esta especificidad taxonómica y a que en términos de economía celular son caros de producir y acumular, los metabolitos secundarios se encuentran frecuentemente en las plantas en concentraciones mucho menores que los metabolitos primarios. Por otra parte, a causa de su complejidad química, las alternativas de síntesis química para su producción con frecuencia no son económicas.

Esto podría hacer evidente por qué los metabolitos secundarios de interés comercial extraídos de plantas superiores (Tabla 1) son generalmente productos de alto valor-bajo volumen de producción. Otros factores que acentúan esta última característica son: (a) la dificultad para asegurar el abastecimiento de las plantas, pues muchas de ellas crecen en regiones tropicales o subtropicales localizadas a gran distancia de los centros de extracción y procesamiento de las plantas; (b) los probables cambios políticos y económicos de las regiones productoras. Estas razones, aunadas al deseo de lograr un mejor control de calidad, ma-

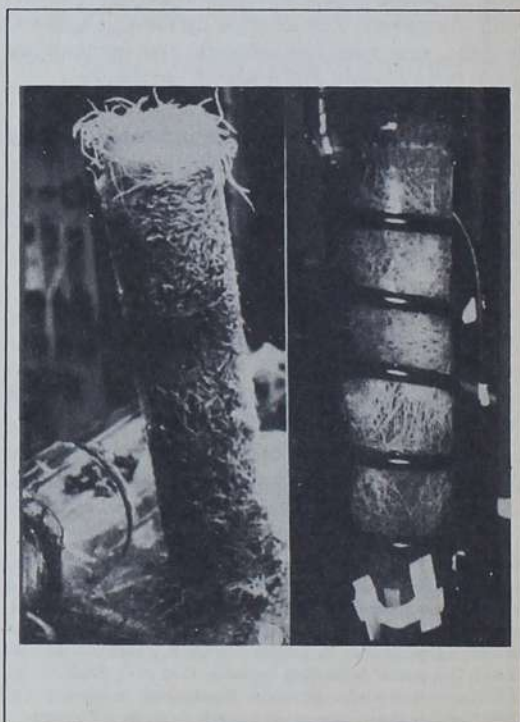


Tabla 1. Requerimiento anual y precio unitario de algunos metabolitos secundarios de interés comercial extraídos de plantas.

Producto	Uso	Precio unitario (USD/Kg)	Requerimiento anual (Kg.)
Ajmalicina, Serpentina	antihipertensivo	1 500	3 000
Codeína	analgésico	750	330 000
Diosgenina	producción de esteroides	674	200 000
Jasmín	perfume	5 000	100
Piretroides	insecticidas	200	135 000
Quinina	antimalaria	100	500 000
Rosa (aceite)	perfume	11 000	4 000
Azafrán	saborizante, colorante	10 000	—
Shikonina	colorante, antibacteriano	4 500	150
Vainilla	saborizante	400	10 000 000
Vincristina	antileucémico	5 000 000	5
Vinblastina			

yor flexibilidad para satisfacer la demanda del mercado o tener más independencia, son argumentos que apoyan la necesidad de explorar otras alternativas para la producción de metabolitos secundarios. La alternativa actual más importante es la denominada tipo-fábrica, que emplea cultivos de células y tejidos vegetales⁴.

Mito o realidad: biotecnología de plantas

En la actualidad, la técnica del cultivo de células y tejidos vegetales —comprendida dentro de la denominada biotecnología de plantas— es una herramienta fundamental para lograr el manejo, bajo condiciones asépticas, de células, tejidos y órganos, no sólo para llevar a cabo estudios sobre aspectos básicos del desarrollo y metabolismo de las células de plantas, sino también sobre la aplicación comercial de sus productos. La biotecnología de plantas puede ser dividida en cinco grandes áreas: (1) comportamiento celular, (2) modificación y mejoramiento de plantas, (3) obtención de plantas libres de patógenos y preservación de germoplasma, (4) propagación clonal y (5) producción de metabolitos secundarios. En algunas de estas áreas el avance logrado ha sido espectacular, mientras

que en otras el progreso ha sido modesto o bien aún no ha sido concretado⁵.

En lo referente a la producción de metabolitos secundarios, después de que fueron detectados por primera vez algunos de ellos por Gautheret (1942)⁶ en cultivos de callos, han ocurrido notables adelantos con el fin de mejorar el potencial biosintético de los cultivos de células vegetales para acumular dichos metabolitos. En la Fig. 2 se muestran las etapas de la estrategia general que ha permitido obtener más de 30 cultivos de células vegetales, los cuales son capaces de acumular mayores concentraciones de metabolitos que la respectiva planta en su hábitat natural⁷.

El proceso comienza por la obtención de un tejido (2) a partir de plantas (1), las cuales acumulan en forma natural al metabolito deseado. Después de ser tratado con reguladores de crecimiento y nutrientes en agar, el cultivo usualmente produce un callo (3), una masa o conjunto de células desorganizadas. Porciones de callo son colocadas posteriormente en frascos de cultivo en agitación, que contiene una solución de nutrientes y otros aditivos para dar un sistema de cultivo más homogéneo en el cual las células se multiplican (4). Mediante el empleo de diferentes tratamientos se procede a incrementar la concentración del metabolito deseado por el cultivo de células (5) y, una vez que esto ha sido logrado con una línea celular estable, se llevan a cabo los estudios de escalamiento en biorreactores de laboratorio (6) para optimizar las condiciones de crecimiento o producción que sean reproducibles en biorreactores de mayor capacidad (7), y que permitan posteriormente establecer el proceso a nivel comercial (8).

Sin embargo, mediante el empleo de la estrategia anterior muchos de los metabolitos secundarios económicamente importantes —tales como morfina, codeína, escapolamina, vinblastina, vincristina, glicósidos de digitalis, fragancias y sabores— no se logran acumular en cantidad suficiente o del todo en los cultivos de células vegetales. En

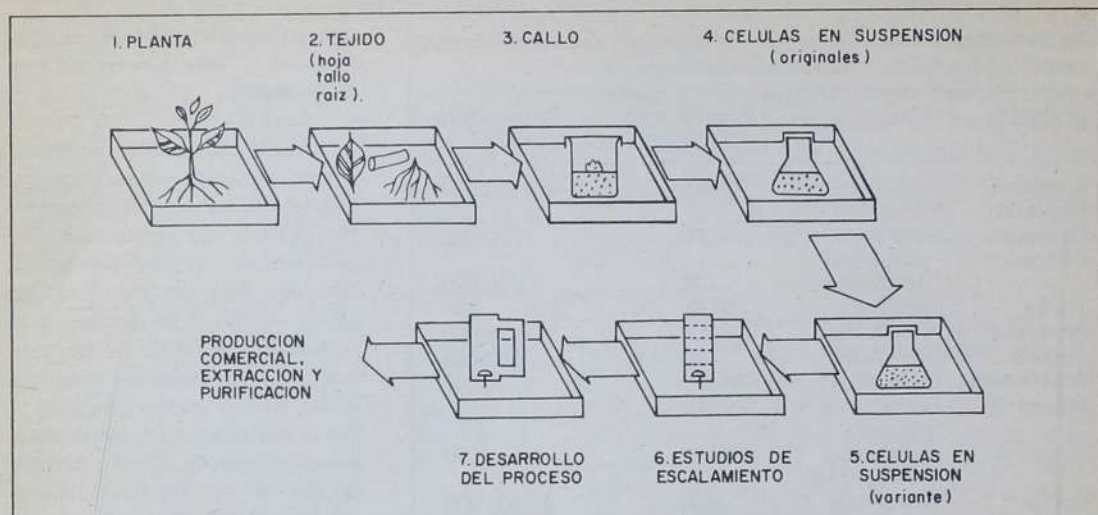


Figura 2. Estrategia general para la producción de metabolitos secundarios por cultivo de células vegetales.

la actualidad, la shikonina, utilizada en Japón como colorante (rojo) y farmacéutico, es el único metabolito secundario producido por cultivo de células vegetales en escala comercial⁸.

Tendencias actuales

La acumulación de metabolitos secundarios en plantas no es el resultado de un proceso simple, sino de una serie de interacciones complejas entre biosíntesis, transporte, almacenamiento y degradación. Usualmente requiere un desarrollo específico a nivel celular, de tejido y órgano. Tanto el crecimiento como el metabolismo secundario están regulados (estimulados o inhibidos) por una amplia gama de factores que interactúan, a los cuales se les puede denominar en términos generales intrínsecos y extrínsecos. El control intrínseco lo proporciona el código genético de la célula, pero está en interacción con los factores extrínsecos del ambiente celular tales como los niveles de oxígeno y bióxido de carbono, presión y temperatura. Además, los niveles de nutrientes disponibles en la célula podrían limitar su capacidad de expresar completamente su potencial biosintético.

En los cultivos de células vegetales, que se caracterizan por presentar división celular sin que exista una diferenciación citológica y específica de tejido, evidentemente deben tomarse en cuenta

otro tipo de factores regulatorios. Geldener y Zenk⁹ consideran que la cuestión más importante a resolver en el futuro próximo en estos sistemas es el establecimiento de los factores y condiciones que permitan lograr en los cultivos en suspensión una diferenciación bioquímica sin requerir diferenciación morfológica, y a su vez la producción del metabolito secundario deseado.

La dediferenciación del tejido de la planta con el fin de obtener cultivos de células en suspensión va acompañado por una aparente pérdida de la habilidad para acumular metabolitos secundarios. Se han sugerido cinco posibles razones para explicar este comportamiento: (a) la carencia de expresión en células no especializadas, de los genes que controlan las etapas esenciales de la ruta de biosíntesis; (b) el empleo del sustrato en otras rutas que no son del metabolismo secundario; (c) la ausencia de mecanismos de transporte para remover de los sitios de biosíntesis productos finales potencialmente tóxicos; (d) la falta de disponibilidad de sitios de almacenamiento en los cuales los metabolitos secundarios podrían normalmente ser secuestrados, y (e) el catabolismo no regulado del producto sintetizado¹⁰. Tales factores están, presumiblemente, bajo un estricto control de desarrollo y pueden operar en forma independiente para cada metabolito o series de metabolitos dentro de la misma planta, o incluso de la misma célula.

Se han desarrollado varias estrategias a través de los años con el fin de incrementar el rendimiento de metabolitos secundarios en cultivo de células vegetales en suspensión. Sin embargo, a causa de que se sabe poco acerca de la enzimología y bioquímica de las reacciones conducentes a la acumulación de los metabolitos, mucho del trabajo de investigación realizado hasta la fecha es de carácter empírico (Tabla 2). Así, mientras que algunos métodos han sido exitosos con una especie (o algunas veces una línea celular), ello no asegura que puedan ser aplicables a otras. Por lo tanto, las condiciones óptimas tienen que ser determinadas experimentalmente de manera individual. En general, el incremento en producción ha sido logrado sólo cuando el metabolito en cuestión está presente en forma espontánea, o bien es inducido

con facilidad en las células o excretado al medio de cultivo.

Ante esta situación, se entiende por qué en los próximos años la investigación en esta área de la biotecnología debe atacar los siguientes problemas: descubrir los controles que regulan la síntesis y cómo pueden manipularse dichos controles; diseñar biorreactores que permitan alcanzar altas densidades celulares, en los que se expresen altos niveles del metabolito; y desarrollar procesos eficientes para la recuperación y purificación del producto. Por otra parte, la solución al problema de cultivos que no son productores de células en suspensión requiere de una combinación de estudios de bioquímica y biología molecular⁹.

Biotechnología: milagro o amenaza

Ante el panorama descrito antes, resulta clara la razón por la cual investigación en biotecnología de plantas o biotecnología vegetal es intensa y su impacto en nuestra vida cotidiana será indudablemente cada vez mayor. Sin embargo, los riesgos y beneficios de esta tecnología son similares a los ya encontrados cuando surge una nueva tecnología, ya sea la electricidad, el microchip o el fertilizante químico. La pregunta clave ante esta situación quizá sería ¿quién la controla y a quién va a beneficiar?

En los años 60 y 70, nuevas variedades de alto rendimiento de arroz y trigo, combinadas con efectivos pesticidas y fertilizantes químicos, incrementaron dramáticamente la producción de alimentos en algunos de los países más pobres del mundo. La llamada revolución verde permitió aumentar el estándar de vida de muchas personas de manera sustancial. Sin embargo, también ocasionó que mu-

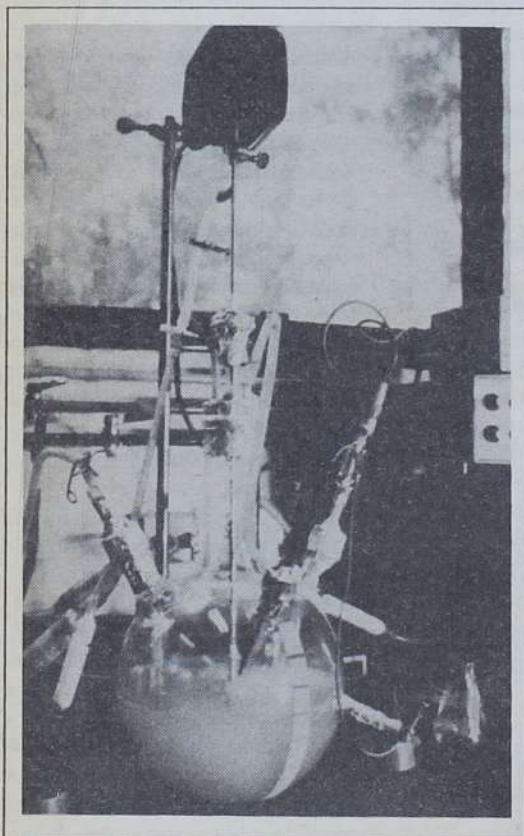
Tabla 2. Métodos empíricos para incrementar la acumulación de metabolitos secundarios en cultivos de células vegetales en suspensión (adaptado de Stafford¹¹).

Fuente de carbono	a) tipo (sacarosa frecuentemente la mejor) b) concentración (un incremento es con frecuencia benéfico)
Fuente de nitrógeno	a) tipo (relación amonio: nitrato, orgánico vs. inorgánico) b) concentración (una disminución incrementa la producción algunas veces).
Nivel de fosfato	Alta concentración con frecuencia inhibitoria
Reguladores de Crecimiento	El ajuste de los niveles y tipo de auxinas y citocininas puede afectar grandemente el rendimiento.
Regimen de luz	Algunos cultivos sólo crecen en luz u oscuridad; la luz es con frecuencia un factor crítico para la acumulación del metabolito secundario.
Temperatura	La disminución de la temperatura de incubación con frecuencia favorece la acumulación de producto pero disminuye la velocidad de crecimiento.
Estrés osmótico	Impuesto por alta concentración de sacarosa o sales, frecuentemente aumenta el rendimiento
Precusores	Efectos variables, depende de la línea celular, con frecuencia es positivo
Elicitación	El tratamiento de los cultivos con filtrados de cultivos de hongos autoclaveados, con frecuencia estimula el rendimiento.

Tabla 3. Metabolitos secundarios de interés evaluados en cultivos *in vitro* de varias plantas.

PLANTA	SISTEMA	METABOLITO DE CULTIVO	ACUMULACIÓN mg/g PS
<i>Capsicum</i>	Suspensión	Capsaicinoides*	0.100
	Inmovilizado	Capsaicinoides	1 800 (ug/l)
<i>Trigonella</i>	Callos	Trigonelina	8.300
	Sususpensión	Trigonelina	3.000
		b-Sitosterol	0.030
		Diosgenina	0.005
<i>Vainilla</i>	Callos	Ac. vainillinico	0.160
		Ac. p-hidroxibenzoico	0.190
		Ac. cumárico	0.500
		Ac. caféico	0.250
		Ac. p-hidroxibenzoico	1.000
<i>Tagetes</i>	Callos	Tiofenos ²	0.002
		Suspensión	0.030

*Producción específica referida a capsaicina; ²producción específica referida a b-tertiofeno. Todos los compuestos fueron cuantificados por CLAR.



chos agricultores pobres vendieran su tierra a aquellos suficientemente ricos para invertir en la adquisición de la nueva tecnología. El resultado de esta situación fue un incremento en la desigualdad económica en algunos países y, consecuentemente, en tensiones políticas y sociales.

La biotecnología en general —entendida en su sentido más amplio como la aplicación de las ciencias biológicas a la manipulación y uso de organismos vivos para beneficio del hombre— y la biotecnología vegetal en particular, enfrentan ya problemas similares. En la actualidad, es posible manipular el material genético vegetal y generar plantas resistentes a un herbicida específico, así como, mediante el control de las condiciones de cultivo, estimular en un frasco o biorreactor de laboratorio la producción de un metabolito de interés farmacológico o saborizante. Sin embargo, el agricultor que compra la nueva variedad podrá alcanzar altos rendimientos sólo si adquiere también el herbicida apropiado, o bien cuenta con suficientes recursos económicos como para adquirir la patente y establecer el proceso de producción del metabolito a nivel comercial. Si esta nueva tecnología es sólo accesible a agricultores ricos, la pobreza y desigualdad muy probablemente aumentarán. Por lo tanto, el hecho de que la biotecnología sea o se convierta en un milagro o amenaza depende de cómo se use y controle bajo el marco de

condiciones sociales, económicas, políticas y ambientales de cada país.

Grupo de biotecnología vegetal: espectadores o actores

La industria biotecnológica necesita el desarrollo de nuevas estrategias y productos que tengan un impacto y aceptación en el mercado mundial. Es evidente que para ello requiere de los genes de plantas, animales, levaduras, hongos, bacterias, etc., que existen en las zonas tropicales de los países en desarrollo.

Actualmente, muchos de estos recursos no han sido explorados, o bien algunos de ellos están siendo explotados de manera irracional, lo cual los ha llevado al borde de la extinción. En particular, se estima que sólo del 5 al 15% de las aproximadamente 250 000 especies existentes de plantas superiores ha sido explorada de manera sistemática para evaluar su posible contenido de metabolitos secundarios con aplicaciones medicinales o industriales¹.

Esta situación puede proporcionar la senda para que los países en desarrollo tengan, si no un control mayoritario, al menos una participación sustancial en la futura dirección de la investigación biotecnológica. Es importante para ello reconocer que el grado de participación y control dependerá en gran medida del conocimiento que se tenga tanto sobre los sistemas biológicos (bioquímica) como respecto de su utilidad biotecnológica potencial (contenido de compuestos de interés para las industrias farmacéutica, alimenticia, saborizantes, química, etc.)

En este contexto, el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav contempla como uno de sus objetivos fundamentales, desde su fundación en 1972, el desarrollo de aplicaciones de la investigación biológica, tales como fermentaciones, enzimología, ecología y alimentos. Los resultados y avances que se logren deberán proporcionar las bases para establecer procesos biotecnológicos, a través de los cuales se emplee de manera racional y eficiente los recursos biológicos que tiene nuestro país. En particular, a partir de 1985, año en el que se fundó el Grupo de Biotecnología Vegetal, se ha ve-

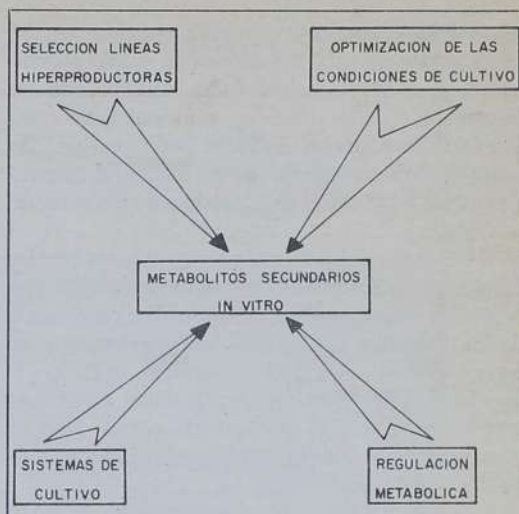


Figura 3. Estrategias empleadas por el Grupo de Biotecnología Vegetal para incrementar la producción de metabolitos secundarios *in vitro*.

nido realizando investigación para evaluar diferentes especies vegetales que acumulen metabolitos secundarios de interés biotecnológico. Se espera lograr su cultivo *in vitro* y, mediante el empleo de las alternativas que ofrece el cultivo de células vegetales, investigar los factores que permitan y regulen la biosíntesis y acumulación de los metabolitos. Con ello se tratarán de manipular dichos factores e incrementar su rendimiento para establecer el proceso a nivel comercial.

En la Tabla 3 se especifican las variedades que han sido investigadas por nuestro grupo en cultivos de callos y células en suspensión, así como los metabolitos secundarios evaluados y sus niveles de acumulación. La información detallada de cada uno de los sistemas estudiados se encuentra registrada en once reportes de investigación, una tesis de maestría y seis de licenciatura. Por otra parte, el trabajo realizado también ha permitido la formación de tres doctores en ciencias en universidades extranjeras, dos de los cuales ya se han reincorporado al departamento.

La mayor parte de estas investigaciones se han llevado a cabo a nivel de matraz (20 a 500 ml de volumen de trabajo). Pero en el caso de los estudios con *Capsicum* para la producción de cap-

saicinoides (grupo de compuestos responsables del sabor pungente característico de los frutos del chile), se han obtenido resultados satisfactorios de crecimiento y producción, principalmente empleando biorreactores agitados por vibración con volúmenes de trabajo de hasta 15 litros, lo que demuestra la factibilidad de escalamiento del sistema.

Las principales estrategias empleadas con las diferentes variedades mostradas en la Tabla 3, con la finalidad de establecer y estimular la producción de los diferentes metabolitos secundarios, se pueden observar en la Fig. 3. En general, se ha logrado detectar, bajo ciertas condiciones específicas para cada cultivo, la acumulación de los metabolitos de interés a niveles superiores a los encontrados en el medio o línea celular iniciales.

Es importante mencionar también que parte del trabajo de investigación realizado hasta la fecha se ha llevado en colaboración con la Unidad Irapuato del Cinvestav y el Instituto Tecnológico de Celaya. Sin duda, esto ha sentado las bases para continuar las investigaciones considerando ahora los aspectos bioquímicos y genéticos, así como la recuperación y purificación de los metabolitos obtenidos.

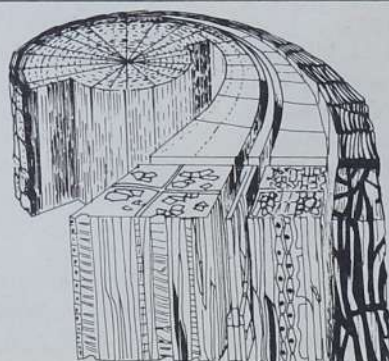
Los conocimientos, resultados y avance logrados hasta la fecha son lo suficientemente estimulantes como para afirmar que las instituciones e investigadores involucrados en esta área de la biotecnología podremos ser actores y no sólo espectadores del cambio en la explotación y uso racional

de nuestros recursos naturales, de tal manera que dicho cambio sea benéfico y pueda ser asimilado por nuestro país.



Notas

1. M. Balandrin y J.A. Klocke, Medicinal, aromatic, and industrial materials from plants, *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, Vol. 4., ed. Y.P.S. Bajaj (Springer-Verlag, Berlin, 1988) p. 3.
2. E.A. Bell, The possible significance of secondary compounds in plants, *Secondary Plant Products*, eds. A. Bull y B.V. Charlwood (Springer Verlag, Berlin, 1980) p. 11.
3. A. Nahrstedt, *Planta Med.* **55** (1989) 333.
4. G.F. Payne, M.L. Shuler y P. Brodelius, *Large Scale Cell Culture Technology*, ed. B.J. Lydersen (Hansen Publishers, Munich, 1987) p. 194.
5. T.A. Thorpe, The current status of plant tissue culture, *Plant Tissue Culture: applications and limitations*, ed. S.S. Bhojwani (Elsevier, Amsterdam, 1990) p. 1.
6. Citado por O. Sahai y M. Knuth, *Biotechnol. Prog.* **1** (1985) 1.
7. M. Wink, Physiology of secondary product formation in plants, *Secondary Products from Plant Tissue Cultures*, eds. B.V. Charlwood y M.J.C. Rhodes (Clarendon Press, Oxford, 1990) p. 23.
8. M.E. Curtin, *Bio/Technology* **1** (1983) 649.
9. E. Galdener y M.H. Zenk, Enzymology of alkaloid production in plant cell cultures, *Progress in Plant Cellular and Molecular Biology*, eds. H.J.J. Nijkamp, L.H.W. Van der Plass y van Aartwijk (Kluwer Dordrecht, 1990) p. 764.
10. B.V. Charlwood et al., en *Secondary products from plant tissue cultures* (Clarendon, Oxford, 1990), p. 119.
11. A. Stafford, en *Plant cell and tissue cultures* (Open University, Londres, 1991), p. 124.



Reología de emulsiones

El comportamiento reológico de líquidos permite caracterizar el proceso de formación y las medidas de control de emulsiones como la leche, mantequillas, mayonesas, embutidos y productos cárnicos.



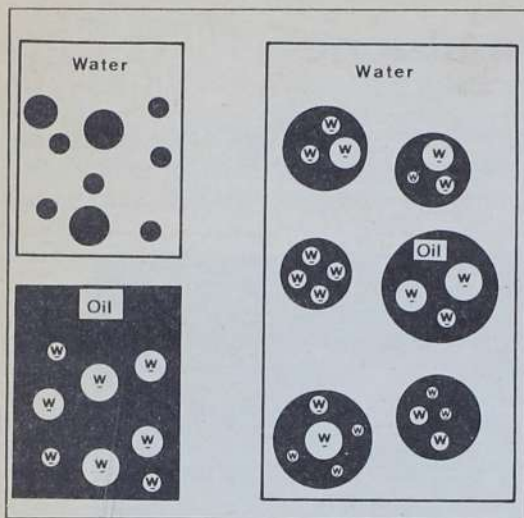
**Juan Alfredo Salazar Montoya
y Emma Gloria Ramos Ramírez**

Emulsiones

Muchos productos en la industria de los alimentos son emulsiones, como por ejemplo la mantequilla, margarinas, mayonesa, salsas para ensaladas, leche, crema, cremas no lácteas, helados, embutidos y productos cárnicos. Una emulsión es una dispersión coloidal de gotas en otro líquido para establecer un sistema de dos fases, una oleosa (aceites, grasas, ceras o aceites esenciales) y otra acuosa. Ambas son inmiscibles, es decir, no pueden mezclarse; presentan mínima estabilidad y se generan por agitación mecánica. Las emulsiones se clasifi-

can¹ en aquellas cuyas gotas de aceite están dispersas a través de un medio acuoso y se les llama emulsiones aceite-agua (O/W), y aquellas con gotas de agua dispersas en un medio oleoso (aceite o grasa) que se llaman emulsiones agua-aceite (W/O). La mayoría de las emulsiones alimenticias son del tipo aceite-agua.

La fase dispersante determina las propiedades de una emulsión. Las emulsiones aceite-agua funcionan como un sistema acuoso, el cual puede diluirse con agua pero no con aceite. De manera inversa, las emulsiones agua-aceite pueden ser di-



luidas con aceite o con líquidos solubles en aceite. En la práctica se utilizan diversos métodos para identificar emulsiones O/W y W/O²: por conductividad eléctrica, dilución, adición de colorantes y por fluorescencia. Para formar una emulsión es necesario incorporar un líquido inmiscible en otro. Para vencer la tensión interfacial es necesario proporcionar energía al sistema a fin de aumentar la superficie de interfase. El aporte energético se realiza con la dispersión mecánica de un homogenizador o molino coloidal. Si se reduce la tensión interfacial se favorecerá la formación de la emulsión. La temperatura disminuye la tensión, al aumentar la energía cinética de las moléculas, así como la acción de emulsionantes.

De acuerdo al carácter predominante del emulsionante (lipófilo o hidrófilo), se genera una emulsión aceite-agua o agua-aceite. El emulsionante sitúa la parte más voluminosa de su molécula en la fase continua para que, por cuestiones estéricas, se adsorba el mayor número posible de moléculas en la interfase. Un emulsionante lipófilo genera una emulsión W/O y el emulsionante hidrófilo determina que la fase continua sea acuosa. En un emulsionante la proporción del carácter hidrófilo y lipófilo se cuantifica por un procedimiento empírico denominado balance hidrófilo lipófilo (BHL), que se calcula a partir de la estructura molecular asignando a cada grupo funcional un coeficiente que evalúe su polaridad. Los emulsionantes

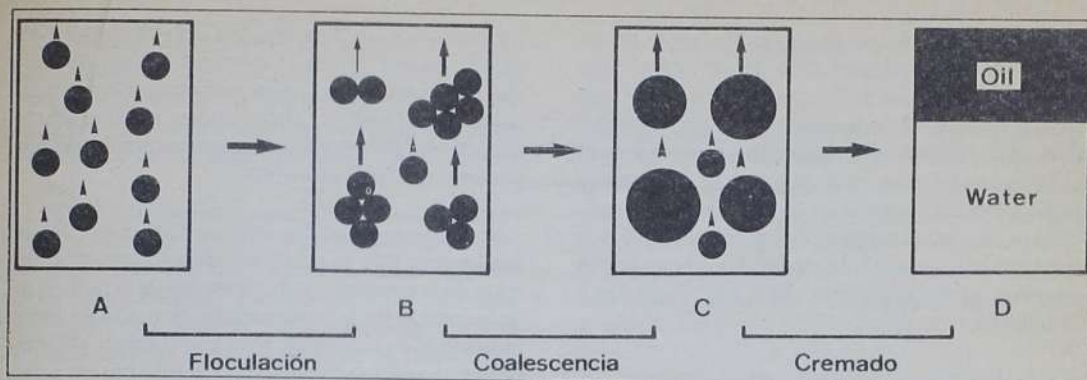
con BHL entre 3 y 6 son los adecuados para preparar emulsiones W/O, y aquellos que tengan valores entre 8 y 18 se emplean para preparar emulsiones O/W³. El método de preparación de la emulsión influye en la distribución de tamaños de las gotas, siendo éste uno de los factores que definen las propiedades físicas y sensoriales de la emulsión. Se sabe⁴ que el tamaño de las gotas es función del tipo y concentración del emulsionante, así como del tiempo de almacenamiento de la emulsión.

Estabilidad de emulsiones

Una emulsión es estable cuando el sistema está disperso de manera homogénea. Diversos factores permiten que las gotas interactúen entre sí formando agregados y desestabilizando el sistema. Los factores que afectan la estabilidad de las emulsiones pueden ser agrupados en termodinámicos y cinéticos. Desde el punto de vista termodinámico, los factores que determinan la estabilidad son la naturaleza y magnitud de las fuerzas de atracción entre las gotas, así como las fuerzas electrostáticas debidas a la presencia de cargas en la superficie de las gotas y por efecto de macromoléculas que se adsorben en la interfase.

Los polisacáridos y las proteínas juegan el papel de moléculas-interfase y molécula-disolvente. Su número es función del grado de disociación de la macromolécula y de las cargas superficiales de la partícula (que afectan las fuerzas de atracción y repulsión), de la polarizabilidad de los enlaces en la macromolécula, así como de la fuerza iónica del medio que determina el grado de solvatación de las moléculas.

Las macromoléculas se adsorben en una superficie plana de diversas formas: (i) en tren, una secuencia bidimensional de segmentos en contacto directo con la superficie; (ii) en bucle, secuencia tridimensional de segmentos localizados entre sucesivos trenes; (iii) en cola, una secuencia de segmentos deformados al final de las cadenas de la macromolécula. Esta disposición está determinada por la energía de adsorción, por la flexibilidad de la molécula y por el grado de copolimerización. En virtud de que la molécula presenta fragmentos con diferentes energías de adsorción, en algunas zonas



se favorece la formación de trenes y en otras la formación de bucles y colas.

Los factores cinéticos que afectan la estabilidad de las emulsiones³ inducen que la desaparición de partículas por agregación siga una cinética de segundo orden, y que la velocidad sea proporcional a la difusividad de dichas partículas en el medio y a su concentración. Como la difusividad es inversamente proporcional a la viscosidad de la fase continua, un aumento de la viscosidad disminuye la velocidad de agregación de las gotas, lo cual impide su migración y por lo tanto la probabilidad de choque. Después de su preparación y teniendo en cuenta los factores de estabilidad, se producen cambios en las emulsiones. Estos se desarrollan por cremado, floculación o coalescencia.

Cremado o sedimentación

En una emulsión aceite-agua el cremado se presenta al separarse las fases por diferencia de densidad, dando como resultado dos nuevas emulsiones (una rica y otra pobre en fase dispersa respecto de la emulsión original). La velocidad de cremado es función del radio de las gotas, la gravedad, la diferencia de densidad de las fases y de la viscosidad de la fase continua. Al presentarse el cremado, se induce una distribución no homogénea de gotas, la cual cambia continuamente con el tiempo. El cremado es reversible al resuspenderse las gotas uniformemente con un buen mezclado. En la práctica, el cremado se inhibe al incrementarse la viscosidad de la fase continua, utilizando hidrocoloides o almidones modificados⁵.

Floculación

La floculación es la asociación de gotas para formar agregados irregulares e indefinidos; la proporción con que una emulsión flocula depende de la intensidad de las interacciones entre gotas. La naturaleza de las fuerzas entre las gotas del sistema es compleja. A medida que se presenta la floculación se favorece el cremado. Para prevenir la floculación puede intentarse una estabilización electrostática, estérica, o una combinación de ellas. En la primera se aumenta la repulsión entre gotas a través de la doble capa eléctrica y en la estabilización estérica se evita la floculación por repulsión entre moléculas adsorbidas en la superficie. En el caso de superficies polielectrolíticas activas, como las proteínas, se aportan ambos tipos de estabilización³. Esta se ve modificada por la fuerza iónica, el pH, adición de alcohol, adición de azúcar, proporción de regiones hidrofílicas e hidrofóbicas en proteínas, temperatura, tipo de polímero utilizado y de su concentración.

Coalescencia

A diferencia del cremado y de la floculación, la coalescencia es irreversible y se presenta después de la floculación, cuando se rompe la interfase estabilizadora. Existen diversos tipos de coalescencia en función del estado físico de la fase oleosa. En unos casos se presenta cuando agregados de gotas coalescen y aparece aceite libre; en otros ocasiones los agregados son asimétricos⁶. Para que se presente la coalescencia es necesaria la ruptura de la película estabilizadora de la interfase aceite-

agua; a ello contribuye la interacción entre gotas, como el caso de la disminución de viscosidad de la fase continua. El efecto que resulta es función tanto de la elasticidad de la película como de la naturaleza del proceso de relajación en la interfase aceite-agua. La presencia de proteínas retarda la disminución del espesor de la película interfacial⁷. Además, las emulsiones son desestabilizadas por calentamiento, adición de electrolitos como ácidos minerales, alcalis y algunas sales, centrifugación y por agitación mecánica.

Control de la estabilidad de emulsiones

Los métodos para determinar la estabilidad de emulsiones son la viscosidad, parámetros viscoelásticos y conductividad eléctrica. Dado que la inestabilidad de los sistemas se manifiesta inicialmente en la agregación de gotas (floculación) y coalescencia, la distribución de tamaños de gotas de la fase dispersa cambia durante el almacenamiento. A su vez, la distribución inicial de tamaños afecta la estabilidad. Existen diversos métodos para cuantificar el tamaño de las gotas en una emulsión⁸: observación directa en un microscopio óptico y el análisis de luz dispersada o difractada durante la sedimentación de la emulsión y cuenta de partículas. Por otra parte, dado que a partir de un determinado tamaño de gotas se produce el cremado, la cuantificación del volumen separado a diferentes tiempos de almacenamiento constituye un índice para cuantificar la cinética de desestabilización. También se utilizan métodos colorimétricos⁹.

Agentes estabilizadores

Son compuestos con propiedades tensoactivas que ayudan a la formación y estabilización de emulsiones. Se clasifican en emulsionantes, hidrocoloides y partículas finas. Su combinación adecuada potencia la estabilidad de la emulsión. Los emulsionantes se obtienen de fuentes naturales o se sintetizan a partir de ácidos grasos, triglicéridos y compuestos hidrófilos. Los emulsionantes se clasifican en iónicos (como ésteres de glicerina, ésteres grasos de propilenglicol y sorbitán) y no iónicos. Los hidrocoloides son materiales poliméricos que pueden dispersarse o di-

solverse en agua para obtener dispersiones o soluciones viscosas^{3,10}. Son estabilizantes ya que aumentan la viscosidad de la fase continua y forman películas de interfase. Por su origen, pueden ser clasificados en gomas naturales, gomas semisintéticas, gomas sintéticas y proteínas.

Algunas partículas finas actúan como estabilizadores ya que se adsorben en la interfase aceite-agua de la emulsión, lo cual disminuye la tensión interfacial y evita la coalescencia. Son sólidos como hidróxidos de magnesio, aluminio y calcio, silicatos, proteínas coaguladas y fragmentos de células vegetales. El uso de un emulsionante dependerá de su efecto para disminuir la tensión interfacial, de su eficacia a bajas concentraciones, alta resistencia a cambios químicos, bajo precio, así como de sus características organolépticas.

Comportamiento reológico

Puesto que en la industria de los alimentos existen diversos procesos, son múltiples las operaciones a las que se ven sometidos los materiales. En la mayoría de las operaciones la deformación y/o flujo está presente. La reología es una rama de la física que estudia la deformación bajo la acción de fuerzas; su uso en el análisis y la caracterización del comportamiento del alimento permite determinar las condiciones de un proceso, diseño y selección de equipos, medidas de control y un mejor conocimiento a nivel estructural¹¹.

La clasificación del comportamiento reológico para líquidos está basada en la respuesta ante un esfuerzo, y puede ser viscoso o plástico. El flujo viscoso se divide en newtoniano y no newtoniano. Los fluidos newtonianos son aquellos donde la relación entre el esfuerzo de corte y el gradiente de velocidad es lineal y tienen una viscosidad aparente (μ_a) que está dada por el cociente de estas magnitudes y cambia en función del gradiente de velocidad. Los fluidos no newtonianos se clasifican como dependientes o independientes del tiempo. Estos últimos se denominan pseudoplásticos (μ_a disminuye al aumentar el gradiente de velocidad) y fluidos espesantes al corte o dilatantes. Los fluidos no newtonianos que dependen del tiempo son tixotrópicos (a temperatura y gradiente de veloci-

dad constantes disminuye el esfuerzo de corte y la viscosidad aparente con el tiempo de deformación) o reopécticos (con el tiempo, a temperatura y gradiente de velocidad constantes, aumenta el esfuerzo de corte y la viscosidad aparente).

El comportamiento reológico se puede caracterizar a partir de las relaciones entre las tres variables dadas por el esfuerzo aplicado, el gradiente de velocidad y el tiempo. Existen varios modelos matemáticos para describir estas relaciones¹². Entre los más utilizados están la ecuación de Ostwald de Waale, o Ley de la Potencia, para describir el comportamiento no newtoniano independiente del tiempo, y el de Herschel-Bulkley y de Casson que se han usado para describir el comportamiento plástico. El comportamiento no newtoniano dependiente del tiempo se presenta en alimentos, en dispersiones líquido-líquido o emulsiones, en dispersiones de sólidos en líquidos y en líquidos dispersos en estructuras sólidas. La dependencia del tiempo del flujo de los alimentos es una manifestación de los cambios estructurales que en ellos provoca la deformación aplicada. En estado de reposo tienen una estructura tridimensional que está relacionada con la composición y su naturaleza física. La estructura está configurada por moléculas de cadena larga, por partículas solvatadas y por agregados de moléculas entrelazadas. La aplicación de fuerzas externas provoca el rompimiento de moléculas de cadena larga y la desintegración de los agregados¹³.

La evaluación de la tixotropía incluye mediciones cualitativas o cuantitativas. Las cualitativas permiten reconocer el fenómeno y las cuantitativas presentan parámetros que definen su comportamiento. La evaluación cualitativa se realiza determinando la curva de histéresis, midiendo la variación del esfuerzo de corte o la viscosidad en función del tiempo de aplicación del gradiente de velocidad. La caracterización reológica para fluidos tixotrópicos propuesta por Weltmann se basa en la medición de la relación del esfuerzo y del gradiente de velocidad en incrementos y disminuciones consecutivos; se considera que la modificación estructural es reversible.

En el modelo propuesto por Hahn se supone que existen dos tipos de moléculas; unas enlazadas

que forman complejas estructuras tridimensionales, cuyo flujo es no newtoniano, y otra no enlazadas, cuyo flujo es newtoniano. La proporción de estas moléculas está determinada por un equilibrio entre estructura tridimensional y moléculas libres. El equilibrio es afectado por fuerzas externas, de tal forma que la transición de moléculas enlazadas a libres provoca la destrucción de la estructura tridimensional, modificándose la viscosidad. Para la destrucción estructural se considera una cinética de primer orden.

Tiu y Boger¹⁴ proponen un modelo aplicado al comportamiento tixotrópico de emulsiones que presentan esfuerzo inicial; simplifican el descrito por Cheng y Evans¹⁵, modificado por Petrellis y Flumerfelt¹⁶, y que se usa en la caracterización del comportamiento de alimentos dependientes del tiempo; parten del modelo de Herschel-Buckley e introducen una ecuación de velocidad adicional para describir el cambio de la estructura con el tiempo. Para ello utilizan un parámetro estructural que varía desde el inicio de la deformación hasta un valor comprendido entre 0 y 1.

Tixogramas

Las curvas del flujo, en sentido ascendente y descendente de gradientes de velocidad, obtenidas de productos que son dependientes del tiempo presentan histéresis; en ellas el área equivale a la energía necesaria para romper la estructura del material¹⁷. El valor del área de histéresis implica una compleja información que depende de la velocidad con que se efectúe el barrido de gradientes de velocidad y que dificulta su análisis en términos físicos. Diversos autores¹⁸⁻²⁰ han recomendado la caracterización reológica de productos que dependen del tiempo a partir de los tixogramas (curvas de variación de esfuerzo de corte en función del tiempo, manteniendo constante el gradiente de velocidad).

Modelo reológico

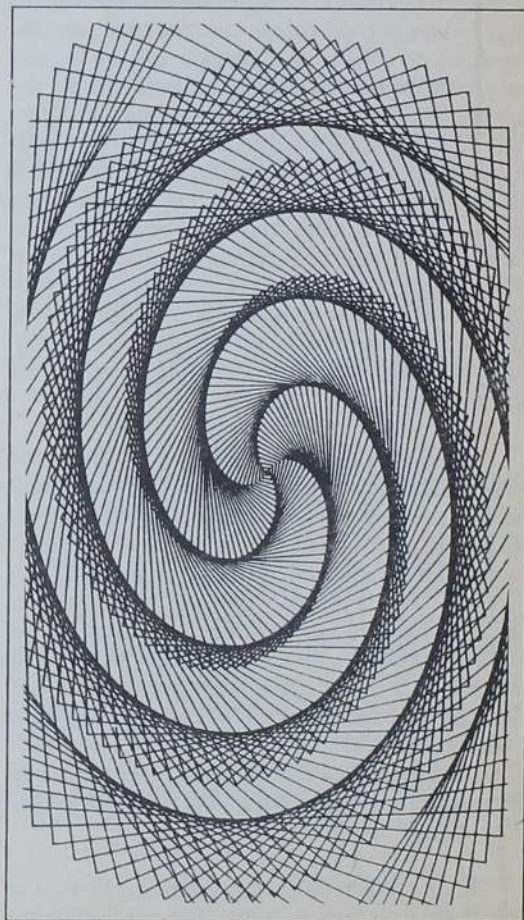
Los modelos matemáticos que predicen el comportamiento reológico de alimentos dependientes del tiempo determinan la funcionalidad del esfuerzo de

corte con el gradiente de velocidad y con el tiempo [$T = f(D, t)$]. Los modelos utilizados para estudiar la tixotropía son el de Hahn¹³, Tiu y Boger¹⁴, Weltman²¹, y el de Han²². El de Tiu y Boger ha sido aplicado a mayonesas, con buenos resultados^{14,23}. La correlación existente entre sus parámetros dificulta la modelización adecuada del comportamiento en algunas aplicaciones²⁴. El modelo de Hahn es el que mejor se ajusta los resultados experimentales de emulsiones con bajo poder calórico¹⁹, sobre todo cuando los valores del esfuerzo de corte en equilibrio y la constante cinética de destrucción estructural son optimizados a través de una regresión no lineal. Este modelo ha sido aplicado a la caracterización del comportamiento reológico de mayonesas²⁵ a partir de mecanismos de primer orden de degradación estructural.



Notas

1. M.J. Lynch y W.C. Griffin, en *Emulsions and Emulsion Technology*, Part I, Ed. K. Lissant (Marcel Dekker, Inc. Nueva York, 1974).
2. W.D. Powrie y M.A. Tung, en *Introducción a la Ciencia de los Alimentos*, Ed. O.R. Fennema, Vol. 1. (Editorial Reverte, España, 1982).
3. E. Dickinson y G. Stainby, en *Colloids in Food* (Appl. Sci. Pub., Inglaterra, 1982).
4. E. Dickinson y G. Stainby, *Emulsion Stability*, en *Advances in Food Emulsions and Foams*, ed. E. Dickinson y G. Stainby, (Elsevier, Inglaterra, 1988).
5. D.J. Hibberd, A.M. Howe, A.R. Mackie, P.W. Purdy y M.M. Robins, en *Food Emulsions and Foams*, ed. E. Dickinson (Royal Soc. Chem. Inglaterra, 1987).
6. P. Walstra, en *Food Emulsion and Foams*, Ed. E. Dickinson (Royal Soc. Chem. Inglaterra, 1987).
7. H.J. Rivas y P. Sherman, *J. Disp. Sci. and Tech.* **5** (1984) 143.
8. C. Orr, *Encyclopedia of Emulsion Technology*, **3** (1985) 137.
9. O. Arkad, T. Arkad y N. Garti, *Wiss. u.-Technol.* **19** (1986) 164.
10. E. Dickinson y G. Stainby, *Food Tech.* (sept. 1987), 74 y 116.
11. J.A. Salazar, Obtención y caracterización reológica de extractos proteínicos de hojas de yuca. Tesis Maestría en Ciencias. CINVESTAV-IPN 1983.
12. S.D. Holdsworth, *J. Texture Studies*, **2** (1971) 393.
13. S.J. Hahn, R. Taikyne y H. Eyring, *Industrial and Eng. Chem.* **51** (1959) 856.
14. C. Tiu y D.V. Boger, *J. Texture Studies* **5** (1974) 329.
15. D.C.H. Cheng y F. Evans, *Brit. J. Appl. Phys.* **16** (1965) 1599.
16. N. Petrellis y R.W. Flumerfelt, *Canadian J. Chem. Eng.* **51** (1973) 291.
17. G.V. Barbosa y M. Peleg, *J. Texture Studies* **14** (1983) 213.
18. A. Chiralt, V. Ferragut y J.A. Salazar, *J. Food Sci.* **57** (1992) 200.
19. J.A. Salazar, Contribución a la caracterización de mayonesas de bajo poder calórico, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia (1991).
20. C.F. Shoemaker y P.I. Figoni, *Food Tech.* **38** (1984) 110.
21. R.N. Weltman, *J. Appl. Phys.* **14** (1943) 343.
22. C.D. Han y R.G. King, *J. Rheology* **24** (1980) 213.
23. L.P. Martínez-Padilla y J. Hardy, *J. Texture Studies* **20** (1989) 71.
24. S. Massaguer-Roig, S. Rizui y F. Kosikowski, *J. Food Science* **49** (1984) 668.
25. P.I. Figoni y C.F. Schoemaker, *J. Texture Studies* **14** (1983) 431.



Propiedades funcionales de las proteínas



Rutilo Castellanos Molina

¿Qué son las propiedades funcionales?

Sin restarle importancia al valor nutricional de las proteínas, el conocimiento de sus propiedades funcionales constituye uno de los aspectos más relevantes en la investigación de estas macromoléculas. Gracias a estas propiedades, las proteínas proporcionan a los alimentos características agradables a nuestros sentidos (palatabilidad, olor, color, textura). El concepto de propiedad funcional se asocia a las características físico-químicas de las proteínas que son importantes en el proceso de elaboración de los alimentos. Desde este punto de vista, el concepto de funcionalidad queda enmarcado con un fin utilitario. Shen¹ define a las propiedades funcionales como la manifestación de propiedades físico-químicas de las proteínas bajo

ciertas condiciones, o sea "el comportamiento de la proteína en el sistema alimenticio donde está presente". Una propiedad funcional es también "cualquier propiedad de un alimento o ingrediente alimentario (en este caso proteínas), fuera de las propiedades nutricionales, que afecta su utilización o compatibilidad."

Clasificaciones

Así como existen varias definiciones de las propiedades funcionales, también se pueden encontrar varias clasificaciones de estas propiedades. Schoen² contempla una clasificación basada en las características físico-químicas más relevantes de las proteínas. Según Humphries³, las propiedades funcionales pueden ser divididas en ocho clases: organolépticas, cinestésicas, hidratación, tensión superficial, estructurales, texturización, reológicas y otras no especificadas. Pour-Ei⁴ divide las propiedades funcionales de las proteínas en cinco clases:

Hidrofílicas. Dependen de la afinidad de las proteínas con el agua. En este grupo quedan com-

El Dr. Rutilo Castellanos Molina, profesor titular del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav, es doctor en ciencias de los alimentos (Bioquímica) de la Universidad de Campinas, Brasil. Su campo de investigación es el estudio de las proteínas alimenticias de fuentes no convencionales.

prendidas: (a) *Solubilidad*. Es una propiedad de gran importancia en alimentos líquidos (refrescos, lácteos), está fuertemente influenciada por el pH, temperatura y tipo de solvente usado. (b) *Retención de agua*. Involucra una interacción entre la proteína o material proteico con el agua debido al carácter hidrofílico de los aminoácidos. Esta propiedad guarda una relación estrecha con viscosidad, gelificación, emulsificación y textura.

Interfásicas. Dependen de la habilidad de las proteínas para unir o formar una película entre dos fases inmiscibles. Entre ellas figuran: (a) *Emulsificación*. Se refiere a la propiedad de las proteínas para ubicarse entre dos fases inmiscibles, agua-aceite, permitiendo la miscibilidad de los componentes y una estabilidad de la emulsión formada. Entre las propiedades emulsificantes de las proteínas deben distinguirse tres aspectos de importancia práctica: La *actividad* indica la cantidad de volumen de la emulsión formada y la *estabilidad* se refiere a la contribución de las proteínas para mantener la estabilidad del sistema cuando es sometido a condiciones adversas como centrifugación y calor. En estos conceptos se basan los métodos de Wang y Kinsella⁵ para evaluar las propiedades emulsificantes. (b) *Absorción de grasa o aceite*. Depende de la interacción de las proteínas con lípidos, debido al carácter hidrofóbico de los aminoácidos de las cadenas proteicas. Esta propiedad juega un papel primordial en aquellos productos alimenticios como los cárnicos, que al procesarse (fritura o cocimiento), retienen, junto con las grasas, nutrientes liposolubles, sabores, jugosidad y el volumen. (c) *Formación de espuma*. Esta propiedad está relacionada con la desnaturalización parcial de algunas proteínas durante el batido o aereación. Según Davidek⁶ la estabilidad de la espuma se explica debido a la formación de una película muy fina de proteína desnaturalizada que se sitúa en los bordes de la fase líquida y gaseosa del sistema.

Intermoleculares. Estas propiedades están asociadas a la habilidad de las proteínas para formar enlaces entre sus propias moléculas o con otros componentes. Aquí se agrupan la *viscosidad*, *gelación*, *elasticidad* y *textura*, que son propiedades fácilmente percibidas por los sentidos y juegan un papel muy importante en la aceptación de un alimento.

Organolépticas. Son propiedades resultantes de la convergencia de muchos factores, principalmente por la presencia de moléculas que imparten algunas características de sabor, olor y color. Estas propiedades se manifiestan con facilidad a través de los sentidos y pueden ser evaluadas de manera subjetiva (sabor) o por el análisis químico (olor) e instrumental (color).

Otras no especificadas. Se enmarcan en este grupo aquellas propiedades funcionales que se derivan de características físicas y químicas específicas de la proteína. La clasificación anterior intenta correlacionar la composición de aminoácidos, el tamaño, conformación y presencia de determinados enlaces, con la funcionalidad de las proteínas.

Evaluación de la funcionalidad

La evaluación de las propiedades funcionales de las proteínas es un problema complejo ya que dichas propiedades están determinadas por efectos físicos, químicos y/o biológicos. Así, durante los procesos de obtención de proteínas, donde el tipo de solvente empleado, las temperaturas aplicadas, el pH, el almacenaje del extracto, modifican el estado nativo de la proteína y por consecuencia, su funcionalidad, como ha sido demostrado en los trabajos de Bechart y Kinsella.⁷

Deben considerarse también las interacciones entre los diversos componentes del sistema, ya sean simples (aislados proteicos) o complejos (productos cárnicos). Las proteínas alimenticias están constituidas por varias fracciones y cada una de ellas posee diferentes propiedades. Como consecuencia, en algunos preparados proteicos la funcionalidad dependerá de los diversos tipos de proteína extraída. En un sistema complejo, el mezclado de diferentes proteínas proporcionará la funcionalidad resultante de la interacción entre ellas.

La medición de la funcionalidad puede efectuarse en un *sistema simple* que corresponde a la evaluación de la proteína cuando está fuera de su sistema natural, como por ejemplo un extracto proteico. También puede efectuarse en el *sistema natural*, cuando la evaluación de la proteína se hace en el sistema en que normalmente está presen-

te, por ejemplo la carne. Finalmente, puede hacerse en un *sistema complejo*, cuando las mediciones se efectúan en un producto, por ejemplo el pan, en el que previamente se incorporó la proteína a evaluar, ya sea en forma aislada (concentrado proteico) o en su medio natural (huevo).

Estos diferentes sistemas, y otros factores que influyen en la evaluación, han generado el desarrollo de variadas y numerosas metodologías para la medición de propiedades funcionales. Se pueden encontrar métodos simples como los empleados por Sosulki⁸ y Lin y Col.⁹ para determinar la capacidad de absorción de agua y aceite, o bien métodos que requieren instrumentación especializada, tales como el conductímetro analizado por Webb¹⁰ ó farinógrafos, alveógrafos, viscosímetros y penetrómetros. También existen métodos químicos como los empleados en la determinación de solubilidad y capacidad buffer.

Debido a la falta de estandarización de las metodologías se dificulta el uso de los datos publicados. Por lo general, el investigador en esta área de estudio adapta las metodologías a sus propias condiciones de trabajo. En muchos casos los resultados se expresan en relación (bajo las mismas condiciones) a la funcionalidad de una proteína de referencia. Por ejemplo, la espumabilidad de un producto se compara con la que presentan las albúminas de huevo, o la absorción de agua y aceite con la que presentan las proteínas de soya.

Para la industria moderna de los alimentos el conocimiento y aprovechamiento adecuado de las propiedades funcionales resulta ser de vital importancia. Con la valoración de dicha funcionalidad es posible predecir, en la mayoría de los casos, el comportamiento del producto durante su elaboración o bien la aceptabilidad por parte del consumidor.

La funcionalidad de las proteínas se ven claramente reflejadas en productos alimenticios como los cárnicos, en los cuales las proteínas miofibrilares y sarcoplasmáticas contribuyen al gusto, textura y estabilidad de las emulsiones.

Las proteínas lácteas (caseínas y lacto-albúminas) son utilizadas ampliamente en la industria panificadora y pastelera con el fin de mejorar la

capacidad de las harinas para absorber agua, incrementar la viscosidad de la masa y reforzar la estructura y consistencia del producto. Las proteínas del suero lácteo tiene aplicación en confitería.

Las propiedades de coagulación, gelificación, emulsificación y formación de estructura que presentan las proteínas del huevo son aprovechadas en una gran variedad de productos alimenticios (panes, pasteles, cárnicos, sopas, mayonesas, chocolates) y en todos los productos que requieran características de espumabilidad y esponjocidad.

Las glutelinas del trigo proporcionan a la masa la propiedad de retener el gas originado en su fermentación, aumentando el volumen de la misma durante el proceso de panificación. Las proteínas de la soya presentan propiedades estabilizadoras, emulsificantes y para absorber agua y grasa, por lo que son muy utilizadas en la industria de cárnicos, panificación y pastas alimenticias.

En virtud de la importancia que representa la funcionalidad de las proteínas, en la actualidad muchas investigaciones van dirigidas al mejoramiento de dichas propiedades. Se intenta lograr modificaciones químicas o enzimáticas de las proteínas y con ello productos alimenticios cuyas características sean mejoradas sensiblemente para su procesamiento y consumo con alto grado de aceptabilidad.



Notas

1. J.L. Shen, en Cherry, J.P., Ed., *Protein Functionality in Food* (ACS Symp. Ser. 147, Washington 1981) p. 89.
2. H.M. Schoen, en *Food Protein* (Whitaker and Tannebaum, Connecticut) p. 387.
3. C. Humphries, en *Food Protein-1* Hudson B.J., Ed. (Londres, 1982) p. 263.
4. A. Pour-El, en J.P. Cherry, Ed., *Protein Functionality in Food*. (ACS Symp. Ser. 147, Washington 1981) p. 1.
5. J.C. Wang y J.E. Kinsella, *J. Food Sci.* 41 (1976) 286.
6. J. Davidek, J. Velisek y J. Pokorny, Eds., *Chemical Changes during Food Processing* (Elsevier, Checoslovaquia, 1990) p. 10.
7. A.A. Betschart y J.E. Kinsella, *J. Agric. Food Chem.* 22 (1974) 116.
8. F.W. Sosulki, *Cereal Chemistry* 39 (1962) 344.
9. M.J.K. Lin, E.S. Humbert y F.W. Sosulki, *J. Food Sci.* 39 (1974) 368.
10. N.A. Webb, et al., *J. Food Sci.* 35 (1970) 501.



matices

Evolución

Roald Hoffmann

Había escrito tres páginas
a propósito del buen químico que hay en cada insecto;
citando la atracción sexual del gusano de seda,
y al escarabajo artillero,
que rocía peróxido de hidrógeno caliente cuando se siente
amenazado.

Y estaba a la mitad de la historia
del escarabajo del pino occidental,
que posee una feromona como señal
para llamar a todos los interesados (de su especie).
La feromona, por cierto, tiene tres componentes:
una en el macho, la frontalina;
otra, atributo de la hembra,
la *exo-brevicomina*;
y una tercera, abundante e ingenua,
con el aroma de la resina que puede
encontrarse en el pino anfitrión, la *mircena*.

Había escrito esto la noche anterior,
cortando las frases.

Desperté el domingo y cuando me puse a trabajar,
con sosiego y una segunda taza de café,
el sol estaba ya en mi escritorio.

Había recogido algunas flores en la colina que reposaban
en un florero: altramuz de arbusto, amapolas de California,
y algo del pasto que crece por aquí.

En los pedúnculos del pasto las brácteas estaban separadas
por unos pocos centímetros.

Eran vainas de color amarillento, finamente trazadas;
su contorno estaba dominado por el de una espiguilla oscura,
más cercano a un flagelo endurecido que a una espina;
había algo ondulante en su interior, como plumas al viento.

La calidez del sol hizo que algunas de las vainas se
abrieran y cayeran sobre los apuntes
(las palabras se perdieron en el sol),
por azar, junto a las sombras de las semillas que aún
colgaban allá arriba,

mientras la semilla del pasto maduraba como los
saltamontes en su quietud,
y las ramas que soportaban a las espiguillas curvadas ahora
lanzaron una segunda oleada de sombras,
más finas que las anteriores.

Entonces te vi caminando por la colina.

El Dr. Roald Hoffmann, profesor titular de la Universidad de Cornell, EUA, obtuvo su doctorado en la Universidad de Harvard, EUA. Se le otorgó el Premio Nobel de Química 1981 por sus trabajos en la química aplicada. Versión en español de Carlos Chimal.

Evolution

I had written three pages
 on how insects are such good chemists, citing
 the silk worm sex attractant,
 and the bombardier beetle,
 spraying out hot hydrogen peroxide when threatened.
 And I was in the middle
 of telling the story of the western pine beetle,
 which has an aggregation pheromone
 calling all comers (of that species).
 The pheromone has three components:
 one from the male, frontalin,
 exo-brevicomin contributed by the female
 and (ingenious)
 abundant, pitch-smelling myrcene
 from the host pine.
 I had written this the night before,
 broken it down into short lines.
 When I woke up Sunday and sat down to work,
 quietly, with a second cup of coffee,
 the sun was on my desk.
 I had some flowers I had picked on the hill
 in a vase: bush lupine, California poppies,
 and some of that grass that grows here.
 On the grass stalks the bracts were a few centimeters apart.
 They were beige, finely lined husks,
 their line set by a dark spikelet,
 more like a stiffened flagellum than a thorn;
 a hint of something feathered inside.
 The sun's warmth had burst some of the pods,
 which had fallen on the draft
 (the words were lost in the sun), fallen
 by chance next to the shadows of seed still hanging, and,
 the grass seed
 like dormant grasshoppers,
 legs of now bent spikelets,
 cast second, finer shadows.
 Then I saw you walking on the hill.

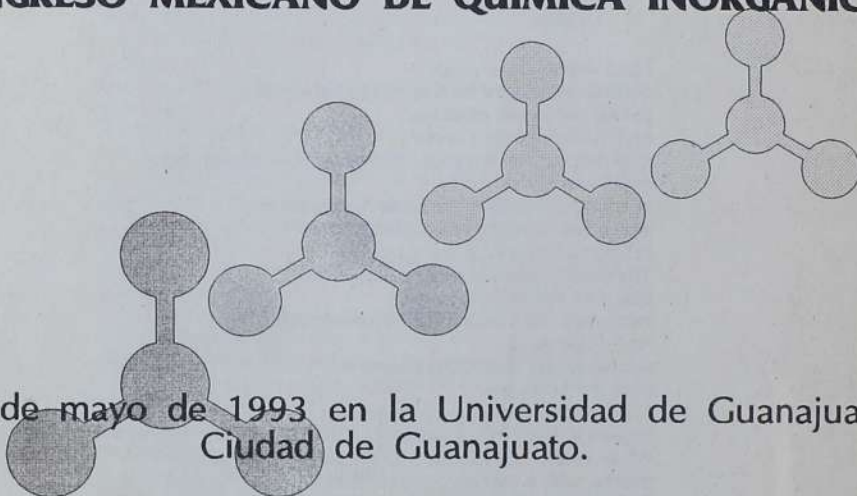


UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO



ACADEMIA MEXICANA DE
QUIMICA INORGANICA, A.C.

IV CONGRESO IBEROAMERICANO DE QUIMICA INORGANICA Y X CONGRESO MEXICANO DE QUIMICA INORGANICA



18-21 de mayo de 1993 en la Universidad de Guanajuato,
Ciudad de Guanajuato.

Conferencias plenarias

B.F.G. Johnson, Universidad de Edinburgo, Escocia,
D. Tilley, Universidad de California en San Diego,
J.T. Spencer, Universidad Syracuse,
N.S. Hosmane, Southern Methodist University,
H. Nöth, Universidad de Munich.

Los idiomas del evento son español, inglés y portugués.

Fecha límite para recepción de trabajos
15 DE NOVIEMBRE DE 1992

Jorge Cervantes Jáuregui
FQ-UG, Tel: (47) 32 68 85, Fax: (47) 32 42 50
Juan Padilla Noriega
DQ-UAMI, Tel: (5) 724 46 78, Fax (5) 724 46 66

Enrique González
DQ-ICUAP, Tel: (22) 45 62 07
Jacobo Gómez Lara,
IQ-UNAM, Tel: (5) 622 44 08, Fax: (5) 548 54 48

Indice del volumen 11

Indice de materias

Biología marina

Impacto ambiental: el caso de la laguna de Celestún, <i>Jorge Alfredo Herrera-Silveira</i>	75
Investigación y docencia en biología marina, <i>Dalila Aldana Aranda</i>	203
Ciencias Marinas en Baja California <i>Jorge de la Rosa Vélez</i>	330

Biología vegetal

Nuestro primer verano de investigación científica, <i>Francisco Luis Aviña Cervantes y Jorge Luis Ayala Luján</i>	5
---	---

Biotecnología/Bioingeniería

XX Aniversario: presentación, <i>Fernando Esparza</i>	331
Biotecnología y bioingeniería en el Cinvestav: los primeros impulsos, <i>Carlos Casas Campillo</i>	333
Toxicología de alimentos: ciencia multidisciplinaria, <i>Emma Gabriela Ramos Ramírez y Juan Alfredo Salazar Montoya</i>	339
Biotecnología de microalgas, <i>Rosa Olivia Cañizales Villanueva</i>	345
Colecciones de microorganismos <i>Jovita Martínez Cruz</i>	353
Uso de la lignina y sus derivados <i>Refugio Rodríguez Vázquez</i>	359
Biotecnología de células y tejidos vegetales: metabolismo secundario, <i>Carlos Arias Castro, Martha A. Rodríguez Mendiola y Graciano Calva Calva</i>	367
Reología de emulsiones, <i>Juan Alfredo Salazar Montoya y Emma Gabriela Ramos Ramírez</i>	375
Propiedades funcionales de las proteínas <i>Rutilo Castellanos Molina</i>	381

Ciencias biológicas

El descubrimiento del potencial de acción, <i>José Castillo, Amelia Rivera y Fidel Ramón</i>	11
La secreción de hormonas: nuevos enfoques, nuevas fronteras, <i>Gabriel Cota</i>	36
Inmunología de las mucosas, de <i>G. Acosta Altamirano y M. Cruz López Oscar Rojas Espinoza</i>	320
Perspectivas de la terapéutica, <i>Enrique Hong</i>	42
El futuro de las neurociencias, <i>Julio Muñoz Neher y Sakmann: los canales iónicos en la mira, Gabriel Cota y Marcia Hiriart</i>	57
Presentación, Perfiles de Investigación: <i>Ramón Álvarez Buylla, Fidel Ramón</i>	139
¿Quién es Ramón Álvarez Buylla?, <i>Rebeca Reynoso</i>	141
Semblanza de Ramón Álvarez Buylla, <i>Guillermo Carvajal</i>	149
Álvarez Buylla y la electrónica, <i>Carlos Beckwith Becerra</i>	151
Ramón Álvarez Buylla en la ENCB, <i>Pablo Rudomín</i>	153

Álvarez Buylla: ingenioso experimentalista <i>Joaquín Remolina López</i>	159
Transplantes de tejido nervioso, <i>Fidel Ramón</i>	167
Ramón Álvarez Buylla: pionero en el estudio de transplantes <i>René Drucker Colín</i>	171
Álvarez Buylla y APLA <i>Hebe M. C. Vessuri</i>	173
Trinos y neurogénesis <i>Goffrey Montgomery</i>	179

Correo

Sobre cartas y contribuciones, <i>Eugenio Frixione</i>	2
¿Doscientos años de Faraday? <i>Miguel Angel Soriano Jiménez</i>	3
Ciencias Marinas en Baja California <i>Jorge de la Rosa Vélez</i>	330

Desarrollo institucional

XXX Aniversario del Cinvestav, <i>Gabriela Guerrero Ontiveros</i>	114
El Cinvestav se integra a los centros SEP-CONACyT	251
El Cinvestav: ejemplo de excelencia académica, <i>Carlos Salinas de Gortari</i>	305
El Cinvestav: una institución de excelencia, <i>Feliciano Sánchez Sinencio</i>	307

Distinciones académicas

Premio México de Ciencia y Tecnología 1991, <i>Juan José Giambiagi</i>	63
Premio de la AIC 1991, <i>Julio G. Mendoza Alvarez</i>	65
Premio Nacional de Ciencias 1991, <i>Pedro Joseph Nathan</i>	109
Premio Nacional de Ciencias 1991, <i>Octavio Paredes López</i>	110
Premios Weizmann 1991, <i>R. Martínez y M.A. Rodríguez</i>	111
Premio Nacional de IME 1991, <i>Jorge Suárez Díaz</i>	183
Jorge Suárez Díaz: el filo de la innovación, <i>Héctor O. Nava Jaimes</i>	313

Educación

La deserción escolar en la educación superior: enfoques y causas, <i>J. Eliezer de los Santos V.</i>	93
Ecología de la academia en México y Europa Occidental, <i>María de Ibarrola</i>	217
El reto de la enseñanza de la física, <i>Román castro Rodríguez</i>	264

Evaluación académica

Sobre la evaluación de programas de posgrado, <i>Gerardo Herrera Corral</i>	83
Investigadores en las universidades de los estados <i>Luis Fernando Anaya Velázquez</i>	241
Los efectos desnaturalizados del SNI, <i>María de Ibarrola</i>	243
Un artículo claro, <i>Yoav Basham</i>	246
El SNI: un sistema perfectible, <i>Marcelino Cerejido</i>	247
Los físicos del Cinvestav: desempeño académico <i>Miguel Angel Pérez Angón</i>	291

Física

Quiralidad: el punto de vista de los físicos, José Luis Lucio Martínez, Hilda J. Mercado y Miguel Vargas	25
Pierre Gilles de Gennes: el Isaac Newton de nuestra época, José Luis Arauz Lara y Faustino Aguilera Granja	60
Distinguibilidad de los neutrinos, Julián Félix Valdez	211
El reto de la enseñanza de la física, Román Castro Rodríguez	254
La física en América Latina, Juan José Giambiagi	233
Memorias ópticas, Jesús González Hernández	275
Los físicos del Cinvestav: desempeño académico Miguel Ángel Pérez Angón	291
Un sistema de diagnóstico por resonancia magnética para el tercer mundo, David Kleppner	326
Simetría, de Hermann Weyl, Gerardo Herrera Corral	319
Perfiles Cuánticos, de Jeremy Bernstein Gabino Torres Vega	321

Homenajes

La Cámara de Diputados rinde homenaje al Cinvestav en su XXX Aniversario,	63
XXX Aniversario del Cinvestav, Gabriela Guerrero Ontiveros	114
Niko Tinbergen, J. Frazier	119
En memoria de Albert M. Grass, Juan García Ramos	290
El Cinvestav: ejemplo de excelencia académica, Carlos Salinas de Gortari	305
El Cinvestav: una institución de excelencia, Feliciano Sánchez Sinencio	307
Treinta años de frutos extraordinarios, Sergio Jiménez Sandoval	311

Ingeniería y tecnología

Memorias ópticas, Jesús González Hernández	275
Contaminación electromagnética no ionizante, Hildeberto Jardón	281
Un sistema de diagnóstico por resonancia magnética para el tercer mundo, David Kleppner	316
Jorge Suárez Díaz: el filo de la innovación, Héctor O. Nava Jaimes	313

Matemáticas

La probabilidad en México, Luis G. Gorostiza	102
Las paradojas del infinito, de Bernard Bolzano, Guillermina Waldegg	123

Matices

La poesía de la ciencia, John Timpane	70
Entre el baño y el gallinero: un asunto de altísima tecnología, Marcelino Cerejido	195
Y allá arriba, ¿qué hay?, Jorge Hernández R.	261
De arañas, escorpiones e investigadores profesionales, Marcelino Cerejido	322
Evolución, Roald Hoffmann	384

Nombramientos

Jefe del Departamento de FBN, Pablo Rudomín	184
---	-----

Director de la CMIM, Raúl Fuentes Samaniego	185
Jefe del Departamento de IE, Jaime Alvarez	307
Secretaría de Planeación, Ma. Ester Orozco Orozco	299

Política Científica

El Cinvestav frente al reto de un posible Tratado Trilateral de Libre Comercio, Feliciano Sánchez Sinencio	30
El método científico y los límites de la ciencia, Michael J. Moravcsik	129
La Academia de la Investigación Científica: balance 1990-1991, Hugo Aréchiga	189
Bienvenida a la AIC Adolfo Martínez Palomo	193
Alvarez Buylly y Acta Physiologica Latinoamericana, Hebe M.C. Vessuri	171
La física en América Latina, Juan José Giambiagi	233
The specificity of the scientific field and the social conditions of the progress of reason, de P. Bourdieu, María de Ibarrola	317
El Cinvestav: una institución de excelencia, Feliciano Sánchez Sinencio	307

Química

Richard Ernst: transformada de Fourier y resonancia magnética nuclear, Rosalinda Contreras	62
Introduction to stereochemistry and conformal analysis, de E. Juaristi, Gabriel Cuevas	126
Química en México ayer, hoy y mañana, Andoni Garritz ed., Ma de Jesús Rosales Hernández	128
Los compuestos organometálicos en la activación de moléculas inertes, Angeles Paz Sandoval	225
El grafito, el 4 de septiembre y el diamante, Robert Wolf	257
Quiralidad y síntesis enantioselectiva, Eusebio Juaristi	267

Indice de autores

Aguilera Granja, Faustino, Pierre Gilles de Gennes: el Isaac Newton de nuestra época	60
Aldana Aranda, Dalila, Investigación y docencia en biología marina	203
Anaya Velázquez, Luis Fernando, Investigadores en las universidades de los estados	241
Arauz Lara, José Luis, Pierre Gilles de Gennes: el Isaac Newton de nuestra época	60
Aréchiga, Hugo La Academia de la Investigación Científica: balance 1990-1991	189
Arias Castro, Carlos Biotecnología de células y tejidos vegetales: metabolismo secundario	367
Aviña Cervantes, Francisco Luis, Nuestro primer verano de investigación científica	5
Ayala Luján, Jorge Luis, Nuestro primer verano de investigación científica	5

B	
Basham, Yoav, <i>Un artículo claro</i>	246
Beckwith Becerra, Carlos Alvarez Buyla y la electrónica	151
C	
Calva Calva, Graciano, <i>Bioteología de células y tejidos vegetales: metabolismo secundario</i>	367
Cañizares Villanueva, Rosa Olivia, <i>Bioteología de microalgas</i>	345
Carvajal, Guillermo, <i>Semblanza de Alvarez Buyla</i>	149
Casas Campillo, Carlos, <i>Bioteología y bioingeniería en el Cinvestav: los primeros impulsos</i>	333
Castellanos Molina, Rutilo, <i>Propiedades funcionales de las proteínas</i>	381
Castillo, José, <i>El descubrimiento del potencial de acción</i>	11
Castro Rodríguez, Román, <i>El reto de la enseñanza de la física</i>	254
Cerejido, Marcelino, <i>Entre el baño y el gallinero: un asunto de altísima tecnología</i>	195
<i>El SNI: un sistema perfectible</i>	247
<i>De arañas, escorpiones e investigadores profesionales</i>	322
Contreras, Rosalinda, <i>Richard Ernst: transformada de Fourier y resonancia magnética nuclear</i>	62
Cota, Gabriel, <i>La secreción de hormonas: nuevos enfoques, nuevas fronteras</i>	36
Neher y Sakmann: los canales iónicos en la mira	57
Cuevas, Gabriel, <i>Introduction to stereochemistry and conformational analysis</i> , de E. Juaristi	126
D	
De Ibarrola, María, <i>Ecología de la academia en México y Europa Occidental</i>	217
<i>Los efectos desnaturalizados del SNI</i>	243
<i>The specificity of the scientific field and the social conditions of the progress of reason</i> , de P. Bourdieu	317
De la Rosa Vélez, Jorge, <i>Ciencias Marinas en Baja California</i>	330
De los Santos V., Elieser, <i>La deserción escolar en la educación superior: enfoques y causas</i>	93
Drucker Colín, René Ramón Alvarez Buyla: pionero en el estudio de trasplantes	171
E	
España, Fernando, <i>XX Aniversario del Departamento de Bioteología y Bioingeniería: presentación</i>	331
F	
Félix Valdez, Julián Distinguidad de los neutrinos	211
Frazier, J., Niko Tinbergen	119
Frixione, Eugenio <i>Sobre cartas y contribuciones (correo)</i>	2
G	
Gambiagi, Juan José, <i>La física en América Latina</i>	233
García Ramos, Juan, <i>En memoria de Albert M. Grass</i>	290
González Hernández, Jesús, <i>Memorias ópticas</i>	275
Gorostiza, Luis G., <i>La probabilidad en México</i>	102
Guerrero Ontiveros, Gabriela, <i>XXX Aniversario del Cinvestav</i>	114
H	
Hernández R., Jorge, <i>Y allá arriba, ¿qué hay?</i>	261
Herrera Corral, Gerardo, <i>Sobre la evaluación de programas de posgrado</i>	83
Herrera Silveira, Jorge Alfredo, <i>Impacto ambiental: el caso de la laguna de Celestún</i>	75
Hiriart, Marcia, <i>Neher y Sakmann: los canales iónicos en la mira</i>	57
Hoffmann, Roald, <i>Evolución</i>	384
J	
Jardón, Hildeberto, <i>Contaminación electromagnética no ionizante</i>	281
Jiménez Sandoval, Sergio <i>Treinta años de frutos extraordinarios</i>	311
Juaristi, Eusebio, <i>Quiralidad y síntesis enantioselectiva</i>	267
K	
Kleppner, Daniel, <i>Un sistema de diagnóstico por resonancia magnética para el tercer mundo</i>	326
L	
Lucio Martínez, José Luis, <i>Quiralidad: el punto de vista de los físicos</i>	25
M	
Martínez Cruz, Jovita, <i>Colecciones de microorganismos</i>	353
Martínez Palomo, Adolfo, <i>Bienvenida a la AIC</i>	193
Mercado, Hilda J., <i>Quiralidad: el punto de vista de los físicos</i>	25
Montgomery, Goffrey, <i>Trinos y neurogénesis</i>	179
Moravcsik, Michael J., <i>El método científico y los límites de la ciencia</i>	129
N	
Nava Jaimes, Héctor O., <i>Jorge Suárez Díaz: el filo de la innovación</i>	313
P	
Paz Sandoval, Angeles, <i>Los compuestos organometálicos en la activación de moléculas inertes</i>	225
Pérez Angón, Miguel Ángel <i>Los físicos del Cinvestav: desempeño académico</i>	291
R	
Ramón, Fidel, <i>El descubrimiento del potencial de acción</i>	11

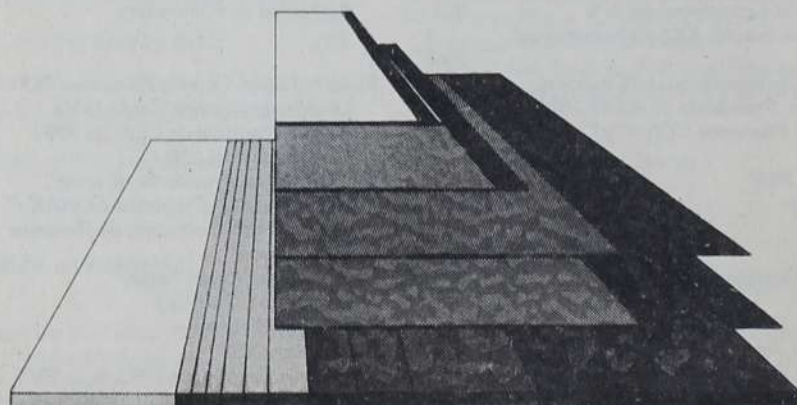
<i>Presentación, Perfiles de Investigación</i>	139	<i>Alba Andrade, Fernando Comisiones del SNI</i>	301
<i>Transplantes de tejido nervioso</i>	167	<i>Alvarez Gallegos, Jaime, Jefe del DIE</i>	301
<i>Ramos Ramírez, Emma Gabriela, Toxicología de alimentos: ciencia multidisciplinaria</i>	339	<i>Alzati, Fausto, XXX Aniversario del Cinvestav</i>	63
<i>Reología de emulsiones</i>	375	<i>Arauz Lara, José Luis, Premios Weizmann</i>	113
<i>Remolina López, Joaquín, Alvarez Buylla: ingenioso experimentalista</i>	159	<i>Aréchiga, Hugo, Comités del CONACyT</i>	65
<i>Reynoso, Rebeca, ¿Quién es Ramón Alvarez Buylla?</i>	141	<i>Presidencia de la AIC</i>	109
<i>Rivera, Amelia, El descubrimiento del potencial de acción</i>	11	<i>Jefatura del DFBN</i>	184
<i>Rodríguez Mendiola, Martha A., Biotecnología de células y tejidos vegetales: metabolismo secundario</i>	367	<i>Arellano Ostoa, Rogelio, Premios Weizmann</i>	112
<i>Rodríguez Vázquez, Refugio, Uso de la lignina y sus derivados</i>	359	B	
<i>Rojas Espinoza, Oscar, Inmunología de las mucosas, de G. Acosta Altamirano y M. Cruz López</i>	320	<i>Baquero Parra, Rafael, Premio Príncipe de Asturias</i>	261
<i>Rosales Hernández, Ma. de Jesús, Química en México, ayer, hoy y mañana, A. Garritz ed.</i>	128	<i>Beltrán, Virgilio, Medalla Académica 1992 de la SMF</i>	302
S		<i>Blanco, A., Comités del CONACyT</i>	65
<i>Salazar Montoya, Juan Alfredo, Toxicología de alimentos: ciencia multidisciplinaria</i>	339	<i>Bonilla Estrada, Moisés, Repatriación CONACyT</i>	65
<i>Reología de emulsiones</i>	375	<i>Brito Orta, Raúl, Premio Príncipe de Asturias</i>	251
<i>Salinas de Gortari, Carlos, El Cinvestav: ejemplo de excelencia académica</i>	305	C	
<i>Sánchez Sinencio, Feliciano, El Cinvestav frente al reto de un posible Tratado Trilateral de Libre Comercio</i>	30	<i>Calderón Tinoco, J., Proyectos CONACyT</i>	64,65
<i>El Cinvestav: una institución de excelencia</i>	307	<i>Calvo Méndez, C., Proyectos CONACyT</i>	64
<i>Soriano Jiménez, Miguel Ángel, ¿Doscientos años de Faraday?</i>	3	<i>Cantoral Uriza, Ricardo Arnoldo, Fondo R.J. Zevada</i>	65
T		<i>Casas Campillo, Carlos, Premios Nacionales de Ciencias</i>	111,184
<i>Timpane, John La poesía de la ciencia</i>	70	<i>Castañeda Hernández, G., Proyectos CONACyT</i>	64
<i>Torres Vega, Gabino Perfiles Cuánticos, de Jeremy Bernstein</i>	321	<i>Castilla Valdez, Heriberto, Repatriación CONACyT</i>	65
V		<i>Cavazos Lerma, J., Premios Weizmann</i>	113
<i>Vargas, Miguel, Quiralidad: el punto de vista de los físicos</i>	25	<i>Cebrián García, M.E., Proyectos CONACyT</i>	64
<i>Vessuri, Hebe M.C., Alvarez Buylla y APLA</i>	173	<i>Cerbón, Jorge, Premios Nacionales de Ciencias</i>	109
W		<i>Cerejido, Marcelino, Proyectos CONACyT</i>	64
<i>Waldegg, Guillermina, Las paradojas del infinito, de B. Bolzano</i>	123	<i>Cisneros, Ma. del Carmen Comisiones del SNI</i>	301
<i>Wolf, Robert, El grafito, el 4 de septiembre y el diamante</i>	257	<i>Contreras, Rosalinda Premios AIC</i>	66
		<i>Tesorería AIC</i>	109
		<i>Premios Weizmann</i>	113
		<i>Cruz Martín del Campo, S.L., Proyectos CONACyT</i>	64
		Ch	
		<i>Chapela, Gustavo, XXX Aniversario del Cinvestav</i>	63
		D	
		<i>De la Cruz Hernández, F., Proyectos CONACyT</i>	64
		<i>De la Garza Amaya, M., Proyectos CONACyT</i>	64
		<i>De la Torre, Mayra, Comités CONACyT</i>	65
		<i>Premios Nacionales de Ciencias</i>	111
		<i>Del Río Portilla, Jesús A., Premios Weizmann 1991</i>	112
		<i>De Oliveira, Orlandina, Comisiones del SNI</i>	301
		E	
		<i>Eliel, Ernest L., Visita al Cinvestav</i>	65
		F	
		<i>Falcony, C., Proyectos CONACyT</i>	64,65
		<i>Falicov, Leo Donativo NSF</i>	183
		<i>Farfán García, J.N., Proyectos CONACyT</i>	64
		<i>Premios Weizmann</i>	113
		<i>Fernández Guasti, J.A. Proyectos CONACyT</i>	64
		<i>Nuevo miembro de la AIC</i>	109
		<i>Fernández Tomás, Carlos, Fallecimiento</i>	110
		<i>Ferreiro, Emilia, Nuevo miembro de la AIC</i>	109

Índice onomástico

A	
<i>Aceves Ruiz, J., Proyectos CONACyT</i>	64,65
<i>Adem Chain, José, Premios Nacionales de Ciencias</i>	109
<i>Adler Milstein, Larissa, Comisiones del SNI</i>	301
<i>Aguilar Villanueva, Luis, Comisiones del SNI</i>	301

Firmani, Claudio, <i>Comisiones del SNI</i>	301	Lomintz, Cinna, <i>Comisiones del SNI</i>	301
Flores Valdez, Jorge, <i>Comisiones del SNI</i>	300	López Cruz, Elías, <i>Proyectos CONACyT</i>	64
Fortes, Mauricio, <i>Vicepresidencia de la AIC</i>	109	López Goerne, Tessa María, <i>Premios Weizmann 1991</i>	112
Fraginals Aguilar, Rossana, <i>Fallecimiento</i>	111	Lozoya Gloria, F., <i>Proyectos CONACyT</i>	64
Fuentes Molinar, Olac, <i>Editor de Básica</i>	66		
Fuentes Moyado, Sergio, <i>Comisiones del SNI</i>	301	M	
Fuentes Samaniego, Raúl, <i>Director de la CMIM</i>	185	Martínez Martínez, Roberto <i>Premio Weizmann 1991</i>	111
G		Martínez Palomo, Adolfo, <i>Comités CONACyT</i>	65
Galarraga, E., <i>Proyectos CONACyT</i>	64	Matute, Alvaro <i>Comisiones del SNI</i>	301
Gambiagi, Juan José, <i>Premio México de Ciencia y Tecnología 1991</i>	63	Massieu, Guillermo, <i>Premios Nacionales de Ciencias</i>	109
García Cantú, Rigoberto, <i>Comisiones del SNI</i>	301	Medina Noyola, Magdaleno <i>Premios de la AIC</i>	66
García Colín, Leopoldo, <i>Comisiones del SNI</i>	300	<i>Premios Weizmann</i>	113
García Moliner, Federico, <i>Premio Príncipe de Asturias 1992</i>	251	<i>Director del IFUASLP</i>	301
Gasca Neri, Rogelio, <i>XXX Aniversario del Cinvestav</i>	63	Méndez Docurro, Eugenio, <i>XXX Aniversario del Cinvestav</i>	63
Gitler, Samuel, <i>Premios Nacionales de Ciencias</i>	109	Mendoza Alvarez, Julio G., <i>Premio de la AIC 1991</i>	65
Gómez Lim, M.A., <i>Proyectos CONACyT</i>	64	Meza Gómez-Palacio, I., <i>Proyectos CONACyT</i>	64
Gómez Puyon, Armando <i>Comisiones del SNI</i>	300	<i>Premios Weizmann</i>	112
González, L. <i>Proyectos CONACyT</i>	64	Milton Garduño, Juan <i>Premios Nacionales de Ciencias</i>	111
González Basurto, Jaime, <i>Director del CENAM</i>	110	Morán López, José Luis <i>Donativo NSF</i>	183
Gordillo, Bárbara, <i>Visita de E.L. Eliel</i>	65	<i>Premios de la AIC</i>	66
Gorostiza, Luis G., <i>Comisiones del SNI</i>	300	<i>Comisiones del SNI</i>	301
Guarneros Peña, G., <i>Proyectos CONACyT</i>	64	Moreno de los Arcos, José, <i>Comisiones del SNI</i>	301
Guerrero, Gabriela, <i>XXX Aniversario del Cinvestav</i>	63	Moshinsky, Marco, <i>Premio México de CyT 1991</i>	63
H		Muñoz, Julio, <i>Premios Nacionales de Ciencias</i>	110
Helman, Jorge S., <i>Premios de la AIC</i>	66		
Hernández Lerma, O., <i>Comités del CONACyT</i>	65	N	
<i>Premios Weizmann</i>	113	Nathan, Pedro Joseph <i>Premio Nacional de Ciencias 1991</i>	109
Hernández, I., <i>Proyectos CONACyT</i>	64,65	<i>Premios de la AIC</i>	66
Herrera Corral, Gerardo, <i>Repatriación CONACyT</i>	65	<i>Comisiones del SNI</i>	301
Hong, Enrique, <i>Comités del CONACyT</i>	65	Núñez Farfán, Juan Servando, <i>Premios Weizmann 1991</i>	112
<i>Premio Nacional de Ciencias</i>	111		
<i>Comisiones del SNI</i>	301	O	
I		Ochoa Alejo, N., <i>Proyectos CONACyT</i>	64
Ibarra Muñoz, David <i>Comités CONACyT</i>	64	Olalde Protugal, V., <i>Proyectos CONACyT</i>	64
<i>Jefatura DIE</i>	301	Orozco Orozco, María Esther, <i>Proyectos CONACyT</i>	64
J		<i>Secretaría de Planeación</i>	299
Jiménez, Leobardo <i>Comisiones del SNI</i>	301	P	
Jiménez Sandoval, Sergio, <i>XXX Aniversario del Cinvestav</i>	299	Paredes López, Octavio <i>Proyectos CONACyT</i>	64
Joffre, Oscar, <i>XXX Aniversario del Cinvestav</i>	63	<i>Doctorado Honoris Causa UAQ</i>	300
Juárez, S. Rebeca, <i>Presidenta de la DPC-SMF</i>	64	<i>Premio Nacional de Ciencias 1991</i>	110
Juaristi, Eusebio, <i>Proyectos CONACyT</i>	64	<i>Comisiones del SNI</i>	301
<i>Premios AIC</i>	66	Peña, Antonio, <i>Presidente de la AIC</i>	109
<i>Visita del E.L. Eliel</i>	65	Peña Chapa, J.L., <i>Proyectos CONACyT</i>	64
<i>Revista Choice</i>	300	Peredo, Roberto <i>Secretaría de Recursos Financieros</i>	299
K		Pérez Angón, Miguel Angel, <i>Proyectos CONACyT</i>	64,65
Kaplan, Marcos <i>Comisiones del SNI</i>	301	<i>Premios Weizmann</i>	113
L		<i>Donativo NSF</i>	183
Lazcano Navarro, Arturo <i>Director de la CMIM</i>	67	<i>Medalla Académica 1992 de la SMF</i>	302
Lederman, Leon, <i>Donativo NSF</i>	183	Pérez Palacios, Gregorio, <i>Comisiones del SNI</i>	301
Leite López, José, <i>Premio México de CyT 1991</i>	63		

R			
Ramírez Toledano, Oscar, <i>Presidente de la SMBD</i>	113	Comisiones Dictaminadoras del SNI	300
Ramón, Fidel, <i>Premios Weizmann</i>	112	Consejo de Administración de la CMIM	185
Reséndiz Núñez, Daniel, <i>Comisiones del SNI</i>	301	Serra Puche, Jaime, <i>Visita al Cinvestav</i>	63
Reyes, José Luis, <i>Secretario de la SMBD</i>	113	Sheldon, Robert, <i>Visita al Cinvestav</i>	112
Reyna, José Luis, <i>Comisiones del SNI</i>	301	Shimada, Armando, <i>Comisiones del SNI</i>	301
Rickards Campbell, Jorge, <i>Comisiones del SNI</i>	301	Suárez Díaz, Jorge, <i>Premios Nacionales de Ciencias</i>	111
Rodríguez, Luis Felipe, <i>Comisiones del SNI</i>	301	Premio Nacional de IME 1991	183
Rodríguez Rodríguez, Mario A., <i>Proyectos CONACyT</i>	64	Suaste Gómez, Ernesto, <i>Presidente de la SMIB</i>	64
Premio Weizmann 1991	111	T	
Rojkind, Marcos, <i>Premios Nacionales de Ciencias</i>	109	Talamás Rohana, P., <i>Proyectos CONACyT</i>	54
Romero Camarena, David René, <i>Premios Weizmann 1991</i>	112	Premios Weizmann	112
Rosales Encina, J.L., <i>Proyectos CONACyT</i>	64	Talán, Raúl, <i>XXX Aniversario del Cinvestav</i>	63
Rosenblueth, Arturo, <i>Premios Nacionales de Ciencias</i>	109	Tapia Ibargüengoitia, Ricardo, <i>Comisiones del SNI</i>	301
Rubinstein, Roy, <i>Donativo NSF</i>	183	Torres Vega, Gabino, <i>Premios Weizmann</i>	113
Rudomín, Pablo, <i>Proyectos CONACyT</i>	64,65	Toscano Cortés, Raúl H., <i>Secretaría de Recursos Humanos</i>	299
Premio Nacional de Ciencias	109	Tsutsumi Fujiyoshi, V.K., <i>Proyectos CONACyT</i>	64
Jefatura DFBN	184	V	
Ruiz de la Herrán, José, <i>Comisiones del SNI</i>	301	Villoro Toranzo, Luis, <i>Comisiones del SNI</i>	301
Ruiz Herrera, José, <i>Proyectos CONACyT</i>	64	Vizcarra Rendón, Alejandro, <i>Premios Weizmann</i>	113
Premio Nacional de Ciencias	109	W	
Ruiz Moncayo, Alberto, <i>Director Adjunto de Desarrollo Científico, CONACyT</i>	251	Wassam, William A., <i>Premios Weizmann</i>	113
S		Y	
Salinas de Gortari, Carlos, <i>XXX Aniversario del Cinvestav</i>	299	Yoe Medinilla, Hernán Guillermo, <i>Fallecimiento</i>	111
Sánchez Quintanar, Estela, <i>Comisiones del SNI</i>	301	Z	
Sánchez Rodríguez, J.A., <i>Proyectos CONACyT</i>	64	Zedillo Ponce, Ernesto, <i>XXX Aniversario del Cinvestav</i>	63
Sánchez Sinencio, Feliciano, <i>XXX Aniversario del Cinvestav</i>	63,299	Consejo de Administración de la CMIM	185
		Zepeda, Arnulfo, <i>Presidente de la DPC-SMF</i>	64
		Presidente de la SMF	251



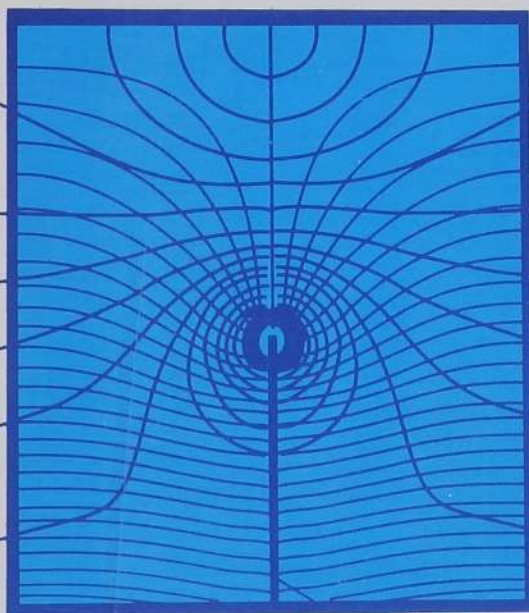
Programas de Posgrado

MAESTRIA

DOCTORADO

POSDOCTORADO

- FÍSICA-MATEMÁTICA Y RELATIVIDAD
- FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO
- FÍSICA DE PARTÍCULAS Y ALTAS ENERGÍAS
- FÍSICA ESTADÍSTICA



BECAS Nacionales:

Becas para todos los estudiantes admitidos a la maestría y al doctorado (inclusive a los no titulados).

Latinoamericanos:

Informarse en las embajadas de México sobre el plan de becas Cuauhtémoc del CONACYT

Próximo Examen de Admisión:

Maestría: 1 y 2 de marzo de 1993.

Doctorado: Inscripciones abiertas todo el año.

Cursos propedéuticos: marzo-mayo de 1993.



CINVESTAV

Informes:

Coordinación de admisión
Departamento de Física
CINVESTAV-IPN

Apdo. Postal 14-740
07000 México, D.F.

Tels: y Fax: (52-5) 754 6801
(52-5) 754 6589



CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS
AVANZADOS DEL IPN

A través del
SISTEMA DE EDUCACION CONTINUA
Invita a usted al

SEMINARIO EJECUTIVO "Normatividad ante el Tratado de Libre Comercio en Alimentos, Fármacos y Medio Ambiente"



12 y 13 de noviembre de 1992.

Expositores:

Expertos en Normatividad y Reglamentación en las áreas de Alimentos, Fármacos y Medio Ambiente de organismos tales como Secretaría de Salud y Secretaría de Desarrollo Social (México), Food and Drug Administration y Environment Protection Agency (EUA) y similares de Canadá.

Mesa redonda con participación de representantes del sector productivo de los tres países, exponiendo casos prácticos.

RESERVACIONES E INFORMES:

Av. IPN 2508 esquina Ticomán, Col. San Pedro Zacatenco, C.P. 07000
México, D.F.

At'n.: Srita. Angélica Martínez Terán
Coordinadora de Eventos

Tels.: 754-02-00 y 752-06-77 ext. 2553 y 2554
Fax: 752-68-29