



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

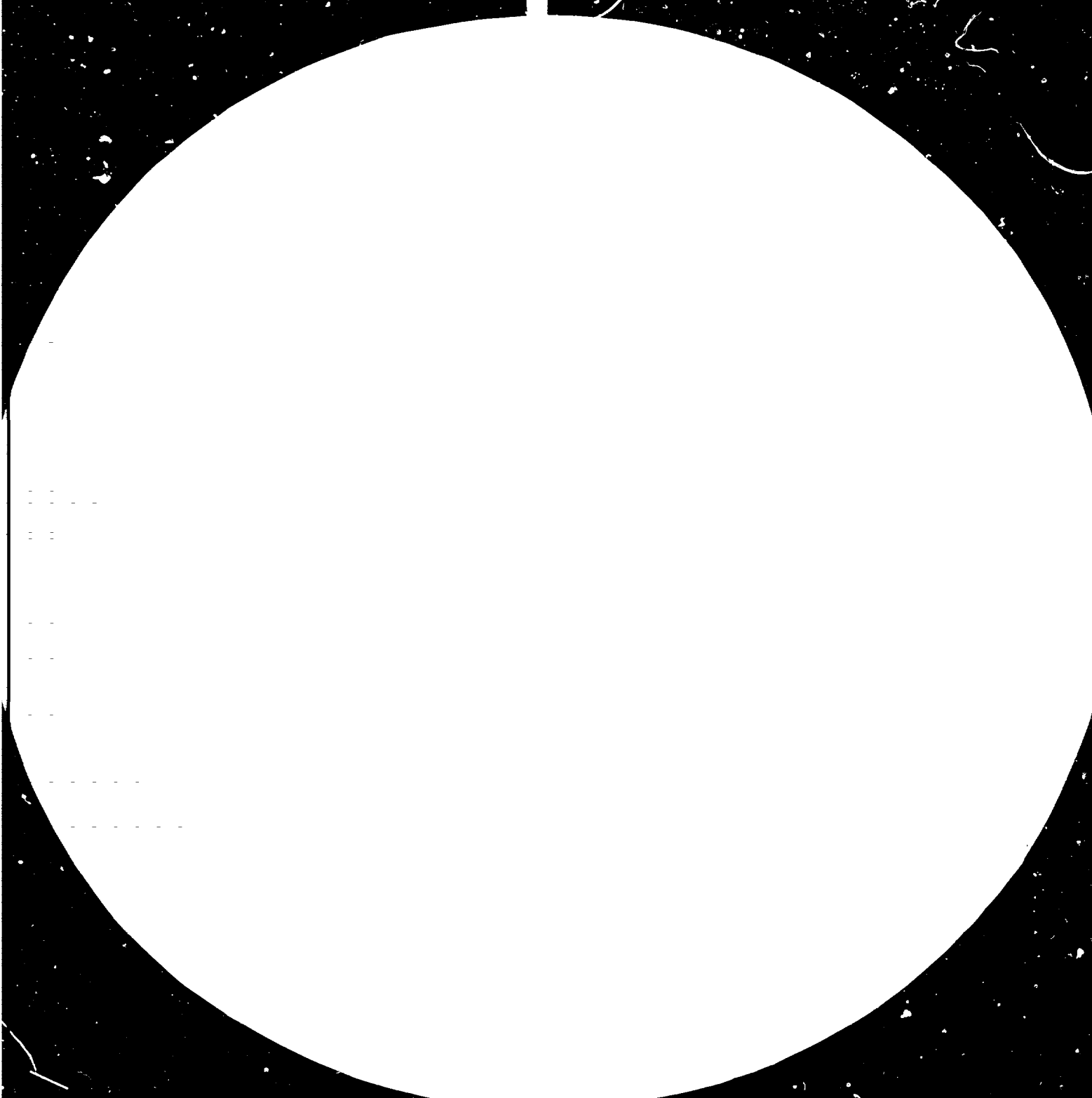
FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





11729-S



Distr. LIMITADA

ID/WG.382/2/Add.1
20 septiembre 1982

ESPAÑOL
Original: INGLES

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Reunión de alto nivel sobre la creación del
Centro Internacional de Ingeniería
Genética y Biotecnología

Belgrado, Yugoslavia, 13-17 diciembre 1982

APLICACION SELECTIVA DE LA BIOTECNOLOGIA AVANZADA
EN LOS PAISES EN DESARROLLO*

preparado por
Carl-Göran Hedén**

* Las opiniones que el autor expresa en este documento no reflejan necesariamente las de la secretaría de la ONUDI. El presente documento es traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición de la ONUDI.

** Profesor, Karolinska Institutet, Estocolmo, Suecia.

V.82-30498

Indice

	<u>Página</u>
A. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION	1
B. ACTIVIDADES	3
- BIODER	3
- Tecnología avanzada y planta experimental	5
C. PLAN DE TRABAJO	9
D. REQUISITOS PREVIOS	10
E. NECESIDADES FINANCIERAS	11
- Presupuesto quinquenal	11
ANEXO I	12
NECESIDADES DE EQUIPO	12
A. BIODER	12
B. EQUIPO PARA TECNOLOGIA AVANZADA Y PLANTA EXPERIMENTAL	13
ANEXO II	15
ENSEÑANZA ACADEMICA DE LA INGENIERIA BIOQUIMICA	15
a) Objetivos	15
b) Formación anterior de los estudiantes	15
c) Programa del CIIGB en ingeniería bioquímica para posgraduados	17
d) Capacitación en materia de investigación en el CIIGB	18
e) Programa de antiguos alumnos del CIIGB	18
REFERENCIAS	19

A. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

La evolución moderna de la tecnología de la fermentación hunde profundamente sus raíces en antiguas tecnologías alimentarias que aumentaron las cualidades de conservación de muchos productos perecederos, al mismo tiempo que mejoraban su gusto, digestibilidad y valor nutricional. Los primitivos métodos para hacer cerveza, pan, vino y queso prepararon el camino para la moderna bioingeniería, que hoy sirve de base para la producción de vacunas y de otras drogas, productos químicos, biofertilizantes, etc. Sin embargo, cuando las operaciones industriales sustituyeron a las prácticas domésticas, los cultivos puros predominaron sobre las poblaciones mixtas naturales, y el enfoque general de los métodos de fermentación cambió. No sólo se sustituyeron los cajones de madera y las cubas de cemento o de arcilla por reactores agitados de acero inoxidable, sino que la producción en gran escala exigió también termorre recuperadores eficientes, válvulas, tubos y muchos otros mecanismos que no eran necesarios en las operaciones en pequeña escala.

Las consecuencias económicas de echar a perder grandes partidas como consecuencia de procesos irregulares hizo también necesario refinar las técnicas y establecer laboratorios de control que sirvieran de base para investigaciones y esfuerzos de desarrollo orientados a la práctica. Esto tendió a acentuar la explotación de las economías de escala. La optimización de los insumos materiales y la utilización eficaz del instrumental redujeron gradualmente las necesidades de mano de obra, de forma que la industria de la fermentación debe agruparse ahora con los procesos de producción de "alta tecnología".

Al mismo tiempo, hay que comprender que una producción internacionalmente competitiva de antibióticos, proteínas monocelulares y muchos productos químicos industriales es hoy casi impensable en instalaciones que no sean muy grandes y modernas; debe observarse también que muchos países en desarrollo tienen ventajas selectivas que no se utilizan plenamente por falta de biotecnologías apropiadas que aprovechen totalmente los recientes progresos realizados en genética microbiana y bioingeniería. Esos países, por ejemplo, tienen un gran potencial para la producción de hidratos de carbono, disponen de mano de obra barata y, con frecuencia, cuentan con una legislación para orientar el proceso de desarrollo.

No hace falta decir que los países en desarrollo se beneficiarán de una competencia autóctona que no sólo permita desarrollar métodos adaptados a sus oportunidades únicas sino también elegir equipo y procesos en un mercado internacional en rápida expansión.

Al elaborar un plan de trabajo para el Departamento de Biotecnología Avanzada del CIIGB, debería haber, evidentemente, una corriente de investigación hacia tecnologías nuevas y simplificadas; en pocas palabras, hacia la "ingeniería del biodesarrollo". Sin embargo, el departamento debería desempeñar también una función de servicio en relación con los otros departamentos y tener capacidad para formar bioingenieros, de forma que éstos conocieran bien el manejo de equipo avanzado para la producción optimizada de enzimas, drogas, nutrientes, etc. En consecuencia, el plan de trabajo debe orientarse a una doble tarea: la investigación en la esfera de la "ingeniería del biodesarrollo" y una función de servicio y capacitación en lo que podría llamarse "biotecnología avanzada".

Casi por definición, la "ingeniería del biodesarrollo" debe estar orientada a la práctica y ser de carácter transdisciplinario. Se presta a una perspectiva más amplia en esferas como la ciencia de los materiales, la química ambiental y la tecnología alimentaria. Sin embargo, el centro de gravedad debe estar en las esferas de la microbiología aplicada que probablemente serán de utilidad directa para la generación de empleo y el desarrollo rural. Esto significa que se elaborarán métodos eficaces para la producción en pequeña escala y se estudiarán en la práctica los requisitos técnicos para el apoyo de esas actividades. Por ejemplo, se estudiará la aplicabilidad del "principio de fábricas dispersas". Se formularán preguntas como las siguientes: "¿cómo pueden producirse y distribuirse cultivos de iniciación bien controlados para garantizar fermentaciones vigorosas y seguras con equipo sencillo?", o "¿pueden ofrecer las cepas termofílicas inmovilizadas nuevos métodos para las fermentaciones realizadas a nivel de aldea?".

Al seleccionar los temas de investigación apropiados para realizar esfuerzos conjuntos en las instalaciones centralizadas del CIIGB, se dará importancia indudablemente a las actividades que no son estimuladas por las "fuerzas del mercado" tradicionales, ya sea porque los compradores potenciales de un nuevo producto carecen de medios o porque el nuevo método satisfará necesidades sentidas sólo en asentamientos rurales periféricos.

Cabe esperar también que el CIIGB desarrolle un perfil único en algunos sectores del frente de investigaciones. El Centro, por ejemplo, se esforzará probablemente por alcanzar el más alto nivel en la aplicación de la ecología microbiana al diseño de fermentaciones mixtas que permitan operaciones no estériles. Ese enfoque sería más natural en el CIIGB que en los laboratorios en que el fermentador de acero inoxidable, esterilizado al vapor, constituye el elemento central.

Los otros objetivos de desarrollo del CIIGB, el de desempeñar una función de servicio con respecto a los otros departamentos y el de servir de base para la capacitación, deben tener también un componente de investigación, si se quiere alcanzar la meta de promover la formación de bioingenieros internacionalmente competitivos. El acento en este componente dependerá en gran medida de la calidad y la especialización del personal y, por consiguiente, los detalles no pueden perfilarse en esta etapa. Sin embargo, es evidente que esferas como el diseño de procesos con computadoras, el desarrollo de sensores, el análisis energético y la teoría de la transferencia de masas serían de utilidad.

B. ACTIVIDADES

El programa de trabajo de tecnología avanzada se compondrá de dos tipos distintos de actividades: las actividades sobre el terreno realizadas por medio de los Grupos de Desarrollo de Recursos Biológicos (BIORED) y los programas de investigación y desarrollo ejecutados en el Centro, incluidos los que impliquen estudios de plantas experimentales para aplicar en gran escala los procesos estudiados en otros programas de trabajo del Centro.

BIORED

Los BIORED son grupos multidisciplinarios de científicos locales relacionados con los laboratorios nacionales de microbiología u otros centros similares. Su función primordial será identificar recursos locales para su explotación comercial y realizar experimentos sobre el terreno para estudiar y desarrollar las aplicaciones locales de la biotecnología. La función del CIIGB en relación con los BIORED será promover el desarrollo de esos grupos y prestarles asesoramiento y asistencia inicialmente, a fin de demostrar la utilidad de esa idea para las aplicaciones locales descentralizadas.

Se dotará a los BIODRED de equipo de laboratorio transportable para la microbiología de procesos, incluido algún equipo básico, a favor y en contra de la corriente, para preparar materias primas y recuperar productos, además de los fermentadores normales.

Una unidad móvil normalizada no sólo desempeñará las funciones de extensión mencionadas sino que permitirá también ensayar el equipo nuevo destinado a ser utilizado en las aldeas. Además, permitirá evaluar los diversos materiales perecederos y la idoneidad de los recursos de agua locales como base para el medio.

Este equipo deberá diseñarse para que sea flexible, y habrá de ser móvil, a fin de que pueda asignarse a diferentes instituciones de investigación y formación, en las que el grupo podrá obtener ayuda de laboratorio e instalaciones para organizar cursos locales de capacitación.

Inicialmente, los laboratorios de base podrían elegirse entre los "Centros de Recursos Microbiológicos" (MIRCEN) establecidos por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Organización Internacional de Investigaciones Celulares. Esos centros están bien coordinados y han albergado algunos cursos de formación.

Los BIODRED contarán con personal procedente del instituto local y sus gastos operacionales se financiarán por el país que acoja a los grupos.

Las misiones de los BIODRED podrán dividirse en tres períodos de cuatro meses.

En la primera fase de laboratorio, la unidad trabajaría en asociación directa con un laboratorio de base seleccionado, en donde se formaría personal local para las actividades sobre el terreno.

En la siguiente fase sobre el terreno, la unidad móvil operaría en una comunidad rural o en algún otro emplazamiento apropiado elegido como meta.

Por último, en una fase de transferencia de tecnología, la unidad ayudaría a construir instalaciones adecuadas y a iniciar procesos apropiados para las necesidades y los recursos locales. Algunos de los materiales esenciales quizá tuvieran que dejarse luego en el lugar, pero podrían reemplazarse fácilmente antes de emprender una nueva misión.

No se iniciaría una nueva misión hasta estar razonablemente seguros de que el laboratorio de base podría prestar un apoyo continuo a las actividades sobre el terreno. Este apoyo técnico debería ir acompañado de un estudio de las consecuencias socioeconómicas. Este estudio serviría de base para introducir innovaciones sociales que ayudaría a lograr la autosuficiencia (sistemas de préstamos preferenciales, contratos de comercialización, arreglos cooperativos, etc.).

Además de la formación práctica a cargo de los BIODER, se organizarán cursos regionales que abarcarán una amplia variedad de temas, como la tecnología de la fermentación, procesos de separación, etc.

Los cursos regionales irían asociados a la fase inicial de las operaciones de los BIODER en un laboratorio de base seleccionado. Esto proporcionaría el marco para ejercicios de laboratorio organizados, orientados a las necesidades regionales, pero los trabajos prácticos serían apoyados por conferencias generales sobre los últimos adelantos de la tecnología de la fermentación. La finalidad de los cursos sería plantar la semilla de una competencia autóctona que oscilaría entre la capacidad para evaluar y mejorar las fermentaciones alimentarias tradicionales y el diseño de equipo nuevo basado en la experiencia obtenida de la participación en las operaciones sobre el terreno de los BIODER.

Tecnología avanzada y planta experimental

Lo mismo que las actividades sobre el terreno contarían con el apoyo del laboratorio de base, éste contaría a su vez con el del CIIGB. El Centro no sólo sería capaz de resolver problemas que excedieran de la capacidad del laboratorio de base sino que desarrollaría también biotecnologías nuevas y simplificadas, es decir, proporcionaría orientación internacional en materia de "ingeniería del biodesarrollo". Como la selección de los temas se basaría en las prioridades de investigación definidas por la junta científica y, en su caso, en la retroalimentación recibida de los BIODER, sería prematuro definir temas específicos de investigación en el actual proyecto de plan de trabajo. En consecuencia, los seis temas que se enumeran infra han sido seleccionados por su potencial para estimular la cooperación internacional, y son de un interés bastante general:

1. Un ensayo de micotoxinas poco costoso y sencillo para su aplicación sobre el terreno. Los hongos que producen sustancias tóxicas en los cereales húmedos, el maní y otros cultivos económicamente importantes son comunes en los trópicos húmedos, y alimentos fermentados localmente han participado en episodios ocasionales de envenenamiento. Por consiguiente, equipos poco costosos y de amplio espectro para la detección de micotoxinas serían de utilidad para demostrar la insuficiencia de muchos procedimientos de recolección, transporte, secado y almacenamiento. Esos equipos serían útiles también para buscar métodos de destoxificación basados en los principios de la fermentación.
2. Un método microbiológico para liberar las fibras de celulosa a fin de que puedan utilizarse para fabricar papel en pequeña escala. Se ha demostrado que los mutantes de algunos hongos, que han perdido su capacidad para descomponer la celulosa, pueden atacar todavía la lignina (7). El proceso es lento pero se podría acelerar mediante la aplicación de la ingeniería genética y podría ofrecer, en cualquier circunstancia, una ruta microbiológica para la fabricación de papel en pequeña escala allí donde la temperatura ambiente sea alta y puedan construirse por poco precio grandes contenedores para las astillas de madera.
3. Un sistema eficaz para la producción y distribución de micorrizas y fijadores biológicos del nitrógeno, que pueda utilizarse en la repoblación forestal. Se ha demostrado que la repoblación forestal de medios ambientes áridos puede ser apoyada mediante la inoculación de micorrizas y que los microorganismos nitrificadores pueden aprovecharse también en silvicultura. Sin embargo, las Mycorrhiza spores son difíciles de producir en cantidades considerables, y se necesitan materiales transportadores fiables y poco costosos para la distribución de los diversos inculantes.
4. Una fermentación protegida para propagar el B. thuringiensis en condiciones primitivas, para su utilización como insecticida. Las moscas constituyen un peligro para la salud en muchas comunidades rurales y, aunque deba darse mayor importancia al mejoramiento de la higiene del medio, un insecticida biológico de eficacia y seguridad demostradas podría ser un útil complemento.
5. Un método de fermentación para preservar y mejorar la proteína de las hojas, a fin de que pueda utilizarse como alimento para niños de corta edad. Hoy se sabe que la proteína de las hojas, que puede extraerse de muchas plantas, es a menudo de excelente calidad nutritiva. Sin embargo, se trata de un material perecedero que podría ser necesario preservar. Por ello, un método interesante es la utilización de la fermentación con lactobacilos (8), proceso que podría convertirse en parte de sistemas destinados a utilizar la biomasa de todas las partes de la planta. Casi todos los componentes de esos sistemas (producción eficaz de ácido láctico, bioconversión de residuos lignocelulósicos, mejoramiento fermentativo de los jugos que quedan después de eliminar las proteínas) podrían beneficiarse de la ingeniería genética.

6. Un productor o productores de celulasa termofílica para su utilización en pequeña escala en la producción de combustibles líquidos. Los productores de celulasa termofílicos son de particular interés porque pueden utilizarse en fermentaciones "no estériles" que resultan adecuadas para climas cálidos en donde necesitan escasa refrigeración por agua o ninguna. Si además, por sí mismos o juntamente con otros microorganismos termofílicos, pueden transformar la glucosa producida en alcohol (o en otros compuestos volátiles), el proceso de destilación subsiguiente para la obtención de combustibles líquidos requeriría menos energía.

Esta actividad se considera complementaria de las comprendidas en el programa de trabajo sobre la "Aplicación de la ingeniería genética a la producción de energía y de fertilizantes a partir de la biomasa". 1/

Metas de investigación como las mencionadas prepararían el camino para la cooperación con los otros proyectos de investigación. Las técnicas de rotulación avanzadas y las técnicas de anticuerpos monoclonales serían, por ejemplo, componentes naturales del tema 1, la ingeniería genética de los temas 2 y 6, y la fisiología microbiana del 3, el 4 y el 5.

Esas metas de investigación aquí enumeradas podrían provocar también una cooperación internacional no limitada al CIIGB y sus instituciones asociadas. Un intercambio de cepas con los laboratorios MIRCEN (1), por ejemplo, podría contribuir de forma importante al éxito del proyecto 3, y la selección internacional de productores de celulasa termofílicos podría ser un importante componente del proyecto 6.

Sin embargo, como se ha dicho supra, el programa de biotecnología avanzada prestaría también una función de servicio a los otros programas de trabajo, que a menudo requerirían cantidades de enzimas especializadas, antígenos y otros productos químicos refinados que exigirían producciones en gran escala. Estas se realizarían según principios avanzados de bioingeniería y, de esa forma, iniciarían a los científicos visitantes en una "tecnología de la fermentación competitiva" que utiliza plenamente las modernas técnicas de optimización y la ayuda de computadoras. Un centro de atención probable serían las enzimas de restricción y los reactivos avanzados que los jóvenes científicos podrían necesitar al volver a sus países de origen.

E. Centro necesita instalaciones para el trabajo en gran escala e instalaciones de taller complementarias, teniendo en cuenta dos funciones de importancia decisiva:

1/ Véase el documento ID/WG.382/2/Add.2.

- a) Suministrar cantidades suficientes de importantes materiales orgánicos a los diversos departamentos y otros laboratorios de investigación dedicados a la ingeniería genética y la biotecnología pero que carecen de instalaciones para la labor preparatoria. Este servicio se prestaría a precio de costo (horas-hombre, productos químicos y servicios básicos como vapor y electricidad), sin tener en cuenta la inversión de capital en el equipo;
- b) Facilitar experimentos en gran escala de productos y procesos nuevos y ofrecer un marco para la formación en prácticas de bioingeniería moderna (fermentaciones en tandas, control de retroalimentación basado en el análisis del espacio vacío y la calorimetría, registro de datos y optimización con computadoras, etc.).

Teniendo en cuenta la diversidad de los proyectos que podrían requerir apoyo, la planta experimental tendría que ser diseñada de forma que tuviera un alto grado de flexibilidad. Se dividiría en tres secciones separadas. Una mantendría el equipo pesado (compresores de aire, generador de vapor, fuente auxiliar de energía y sistema de refrigeración), juntamente con tres fermentadores (de 100, 1.000 y 5.000 litros) del tipo corriente en la industria de los antibióticos.

La segunda sección sería una instalación de seguridad con esclusas neumáticas, filtración de gases de exhaustación, esterilización de efluentes y sobrantes, juntas de vapor o transmisiones magnéticas para ejes giratorios, alarmas especiales para casos de funcionamiento defectuoso, etc. Esta instalación tendría también tres grandes fermentadores (de 100, 500 y 1.000 litros). Además, contaría con un sistema cerrado para la recolección y el fraccionamiento de células, de forma que pudieran extraerse enzimas y antígenos de agentes patógenos.

Su función principal, sin embargo, sería realizar experimentos en gran escala sobre microorganismos genéticamente manipulados.

La tercera sección prestaría servicios a las otras dos, con un espectrómetro de masas-cromatógrafo de gases combinado, y analizadores de oxígeno y de dióxido de carbono para controlar el pH, la temperatura, la aeración, la velocidad del agitador, etc., en los diversos fermentadores, que podrían someterse todos al control de computadoras.

Además de la experiencia y el know-how obtenidos mediante la participación en las actividades mencionadas, los alumnos completarían su educación mediante cursos académicos.

Los cursos centralizados se orientarían a métodos apropiados para la preparación de diversas enzimas importantes y de otros materiales bioquímicos

utilizados en ingeniería genética, y a la aplicación de la tecnología de las enzimas. (En el anexo II se hace una descripción más detallada de la educación académica en ingeniería bioquímica.). Los ejercicios se basarían en un manual de laboratorio que se sometería a continuos perfeccionamientos mediante la retroalimentación recibida de los participantes en los primeros períodos de sesiones y los nuevos datos publicados.

El manual de laboratorio se dividiría en cuatro partes:

- A. Higiene y seguridad de laboratorios;
- B. Mantenimiento y control de cepas;
- C. Técnicas de producción; y
- D. Métodos de separación y purificación.

Su preparación y actualización estarían a cargo de un comité mixto permanente, con participación de todos los departamentos. El resultado sería un manual útil para su empleo en el Centro, pero también un prontuario de hojas intercambiables que serviría para que todos los laboratorios asociados y los antiguos alumnos del CIIGB se mantuvieran al día en lo relativo a métodos de preparación modernos.

Una vez al año, el programa de trabajo organizaría una pequeña reunión de un grupo de expertos para el examen de proyectos. Esa reunión se ocuparía de los acontecimientos técnicos de interés para las actividades del departamento. Se invitaría a los gobiernos participantes a que enviaran observadores a la reunión, que se organizaría como seminario para dar una visión general de la esfera de la fermentación, con inclusión de las patentes importantes y de los acuerdos de concesión de licencias. Los documentos presentados al seminario y un resumen de los debates se distribuirían a los antiguos alumnos del CIIGB y los gobiernos participantes, en una serie titulada "Bioingeniería para el desarrollo".

C. PLAN DE TRABAJO

Primer año:

- Planificación de instalaciones y determinación de prioridades de investigación por la Junta de Directores Científicos en consulta con un grupo de examen de proyectos;
- Diseño de la planta experimental;
- Diseño del modelo de unidad BIODER (No.1).

Segundo año:

- Ensayo del equipo de la planta experimental;
- Establecimiento y asignación de la unidad BIODER 1;
- Negociación sobre las unidades BIODER 2 y 3;
- Preparación del manual de laboratorio;
- Primer curso centralizado.

Tercer año:

- La unidad BIODER 1 opera en la localidad A;
- Se constituyen y destinan las unidades BIODER 2 y 3;
- Primer curso regional en la localidad A;
- Primera reunión y seminario de expertos;
- Segundo curso centralizado.

Cuarto año:

- La unidad BIODER 1 opera en la localidad B;
- Las unidades BIODER 2 y 3 operan en las localidades C y D;
- Negociaciones sobre las unidades BIODER 4 y 5;
- Cursos regionales en las localidades B, C y D;
- Tercer curso centralizado.

Quinto año:

- La unidad BIODER 1 opera en la localidad E;
- Las unidades BIODER 2 y 3 operan en las localidades F y G;
- Se constituyen y asignan a las localidades H e I las unidades BIODER 4 y 5;
- Cursos regionales en las localidades E, F, G, H e I;
- Segunda reunión de expertos y seminario;
- Cuarto curso centralizado;
- El grupo de examen de proyectos realiza una evaluación.

D. REQUISITOS PREVIOS

- Gobierno interesado en formar grupos BIODER;
- Laboratorios nacionales dispuestos a apoyar a los BIODER;
- Personal cualificado necesario para constituir los grupos BIODER.

E. NECESIDADES FINANCIERAS

El personal necesario para ejecutar con éxito el programa de trabajo descrito supra se compondrá de:

- dos científicos o tecnólogos de categoría superior;
- ocho científicos o tecnólogos de categoría subalterna;
- siete becarios posdoctorales;
- doce técnicos.

Se espera que, en los cinco años, veinte alumnos recibirán formación académica en biotecnología.

El Centro proporcionará el equipo necesario para realizar las actividades de este programa de trabajo. El equipo se describe en el anexo I.

Presupuesto quinquenal

		(miles de dólares de los EE.UU.)
PERSONAL		
(primer año, al 40%; segundo año, al 60% del pleno funcionamiento)		
Científico de categoría superior	8 años-hombre	600
Científico de categoría subalterna	32 años-hombre	1.440
científico posdoctoral	28 años-hombre	672
Técnicos	48 años-hombre	<u>816</u>
Total parcial		3.528
Dirección del Centro y personal de apoyo		<u>937</u>
Total del personal		4.465
ACTIVIDADES OPERACIONALES		
Científicos visitantes	68 meses-hombre	480
Reuniones de grupos de expertos	4	100
Servicios de asesoramiento	45 meses-hombre	450
Capacitación	40 años-hombre	900
Material de información		45
Adquisición de productos químicos, etc.	108 años-unidad-hombre	1.620
Asociaciones		150
Gastos diversos (viajes, teléfono, etc.)		<u>138</u>
Total de las actividades operacionales		3.883
Total del programa de trabajo		8.348

ANEXO I

NECESIDADES DE EQUIPO

A. BIORED

El equipo BIORED será:

1. Autónomo, en el sentido de que satisfará sus propias necesidades de electricidad, vapor, aire comprimido y refrigeración (generador diesel y compresor eléctrico, caldera de petróleo y termorre recuperador para enfriamiento por evaporación);
2. Capaz de triturar, cribar, extraer, hervir y filtrar materias primas y de separar células microbianas de medios líquidos. Este equipo se seleccionará teniendo en cuenta especialmente la posibilidad de traducir los resultados obtenidos en equipo que sea apropiado para su utilización local (tubos de bambú, mortero reforzado con sisal o tela metálica, filtros de cáscara de coco, etc.). La separación centrífuga se utilizará sólo en pequeña escala, con fines de demostración y formación;
3. Facilmente transportable: esto limitaría el tamaño de los fermentadores, a fin de que pudieran producir resultados útiles sin ser difíciles de manejar (reactores agitados de 3 x 10 y 1 x 150 litros y un fermentador de torre de 75 litros destinado tanto a los cultivos líquidos como a ser utilizado en calidad de columna celular inmovilizada). Además, habría un recipiente de preparación de medios, de 100 litros, que podría usarse también para cultivos anaerobios o como incubador para fermentaciones semisólidas.

El equipo mencionado (excepto los tres pequeños fermentadores) se diseñaría de forma que fuera transportable en un remolque descubierto que pudiera ser remolcado por un camión de aceite pesado con tracción a las cuatro ruedas. Este camión transportaría el equipo de servicio mencionado en el párrafo 1 supra. Los fermentadores de 10 litros se alojarían en un laboratorio de remolque, climatizado, que contendría también una incubadora, una refrigeradora y una mesa batidora de temperatura controlada. El instrumental necesario para utilizar todo el equipo BIORED estaría situado en el remolcador, en el que habría también dos literas para el personal de apoyo. El remolcador del laboratorio estaría dotado de equipo de telecomunicaciones, lo mismo que el

vehículo tractor, un gran jeep de aceite pesado. Además, éste atendería las necesidades generales de transporte.

Con independencia de las actividades de apoyo en materia de investigación y capacitación orientadas, por ejemplo, a la producción de inoculantes de semillas, fermentadores de productos lácteos, etc., en cultivos líquidos, los BIODER deberían estar equipados también con materiales fácilmente transportables como digestores de bolsa para la producción de biogás. Además, el equipo incluiría diseños de proyección y ayudas audiovisuales, así como herramientas y materiales para construir diversos elementos, como estanques revestidos de plástico (para producir agua limpia), reflectores (para la esterilización solar de medios y el secado de materiales) y diferentes tipos de recipientes para fermentaciones semisólidas, cultivos de hongos, etc.

C. Seshadri su grupo de Madras (3) han descrito una amplia gama de procesos dignos de atención, en relación con la fotosíntesis aplicada, y también lo ha hecho K. Steinkraus (4), en relación con las fermentaciones alimentarias. Además, la revista "Microbial processes: Promising Technologies for Developing Countries", publicada por la Academia de Ciencias de los Estados Unidos (5) y los boletines de noticias distribuidos por la International Mushroom Society for the Tropics (6) merecen ser estudiados detenidamente al planificar las distintas misiones de los BIODER.

B. EQUIPO PARA TECNOLOGIA AVANZADA Y PLANTA EXPERIMENTAL

Equipo

- Equipo normal de laboratorio (microscopios, incubadoras, refrigeradoras, centrifugadoras, cromatógrafos de gases, colectores de fracciones, espectrofotómetros, etc.);
- Diez fermentadores en pequeña escala (10 a 15 litros), con todo su instrumental y móviles, para su utilización fuera del departamento de biotecnología;
- Artículos de cristal de tipo industrial.

Planta experimental

- Compresores de aros de grafito y normales;
- Generador de vapor;
- Fermentadores, incluidos filtros, válvulas y otros accesorios:
 - uno de 100 litros,
 - uno de 1.000 litros,
 - uno de 5.000 litros;

- Recipientes de almacenamiento y precipitación;
- Esterilizador continuo de medios;
- Equipo de recolección;
- Equipo de secado;
- Tubos, plataformas, teleféricos, etc.

Sección de seguridad

- Medios especiales de seguridad (ventilación, desagües, etc.);
- Fermentadores, incluidos filtros, válvulas y otros accesorios:
 - uno de 100 litros,
 - uno de 500 litros,
 - uno de 1.000 litros;
- Equipo para recolección y fraccionamiento de células;
- Equipo para la recuperación y purificación de productos.

Sección de control

- Cromatógrafo de gases-espectrómetro de masas;
- Tres unidades móviles de O₂ y CO₂;
- Otros instrumentos normales;
- Instrumental normal (calorimetría, fluorimetría, nefelometría, autoanalizadores, etc.);
- Computadora.

ANEXO II

ENSEÑANZA ACADEMICA DE LA INGENIERIA BIOQUIMICA

a) Objetivos

El CIIGB debe formar dos tipos de bioingenieros expertos: ingenieros genéticos e ingenieros bioquímicos. No es preciso decir que la capacitación de ambas clases de ingenieros coincidiría en parte, de forma que un país en desarrollo que tuviera que crear la bioingeniería "desde cero" podría iniciar una infraestructura en torno a cualquiera de esos dos tipos de expertos.

En la sección que sigue sólo se estudiará la capacitación de los ingenieros bioquímicos. Ello se hará teniendo en cuenta las "Recomendaciones sobre la enseñanza de la ingeniería bioquímica" hechas por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada en 1974 (12). Estas recomendaciones presuponen una formación académica de cuatro años, que debería comenzar con estudios fundamentales a nivel de estudiante universitario, e incluir a los estudiantes orientados a la vez hacia la biología y hacia la ingeniería.

La capacitación dada en el CIIGB debería ser de amplia base y estructurarse de forma que los conocimientos obtenidos no quedasen fácilmente anticuados. Los ingenieros bioquímicos formados tendrían que ser personas de múltiples aptitudes, con capacidad para controlar, innovar y resolver problemas en la industria de la fermentación y para servir de consultores en materias tan diversas como el tratamiento de la contaminación de las aguas, el diseño de instalaciones de fermentación y la eliminación de riesgos en el trabajo bioquímico. Naturalmente, se podría recurrir también a ellos para cubrir puestos en la universidad, donde se encargarían tanto de la enseñanza como de la investigación.

b) Formación anterior de los estudiantes

Evidentemente, la capacitación debería ser más flexible e individualizada de lo que es habitual en los países industrializados, en donde hay muchas oportunidades de empleo que requieren especialización en ingeniería mecánica, química, bioquímica, alimentaria y ambiental, etc. Para iniciar esa diferenciación, de la que la ingeniería bioquímica es un componente, un país en desarrollo podría comenzar por cursos de tecnología alimentaria para estudiantes universitarios, y seguir luego con la ingeniería de la fermentación y la

lucha contra el despilfarro y la contaminación. Estos cursos podrían ir seguidos de una ampliación de las mismas esferas en cursos para posgraduados, con inclusión de materias como la ingeniería de las enzimas y la ingeniería biomédica. De esa forma quedaría abierto el camino para desarrollar la capacidad autóctona tanto académica como en materia de investigación industrial, pero como ésta es insuficiente en la mayoría de los países de escasos recursos, lo más probable es que éstos utilizaran a los alumnos del CIIGB que regresaran como núcleos de cristalización para un mayor desarrollo.

Una formación adecuada en bioingeniería requiere conocimientos de tres disciplinas básicas: ingeniería química, bioquímica y microbiología. Sin embargo, sin una base de cinética de reacciones que incluya los microorganismos, la energía bioquímica y los procesos de transformación microbiana, la traducción de las distintas representaciones matemáticas en estrategias para controlar los biosistemas es sumamente difícil. En consecuencia, la mayoría de los graduados de los países en desarrollo necesitan una formación complementaria en que se desarrolle su capacidad básica de análisis y aprendan a pensar desde el punto de vista de los sistemas y procesos unitarios.

El centro de su formación básica podría variar, pero en la mayoría de los casos la ingeniería química habría sido el punto de partida para una educación complementaria en bioquímica y microbiología y para obtener alguna experiencia industrial. En consecuencia, la mayoría de los estudiantes proveniría de escuelas de ingeniería en donde cursos universitarios de un año aproximadamente de duración les habrían proporcionado los conocimientos básicos de química, física y matemáticas generales. La formación de los graduados podría haber comenzado con un año de química física, química orgánica, ingeniería química, estadística y cálculo electrónico, complementado con algunos cursos básicos de microbiología. En el tercero y el cuarto años, el centro de atención podrían haber sido los estudios de importancia práctica sobre termotransferencia, operaciones mecánicas, cinética e instrumental y un proyecto individual de importancia reducida y orientación experimental.

Idealmente, los estudiantes provenirían de universidades en donde se estuviera iniciando la ingeniería bioquímica por medio de cursos en tecnología alimentaria que abarcaran el exterminio térmico y las actividades químicas de los microorganismos, como introducción a un panorama general de la industria de la fermentación.

Sin embargo, el CIIGB debería estar dispuesto también a admitir estudiantes que hubieran tenido en la universidad una formación orientada hacia la medicina y las ciencias biológicas, siempre que hubieran complementado sus conocimientos de física y química con una sólida base de matemáticas.

En resumen, la admisión en el CIIGB para recibir capacitación a nivel de posgraduado supondría una educación académica previa de cuatro años, iniciada con disciplinas fundamentales a nivel de estudiante universitario y seguida de estudios diferenciados orientados a la ingeniería o a las ciencias biológicas.

c) Programa del CIIGB en ingeniería bioquímica para posgraduados

Los estudiantes con una formación anterior suficiente en materia de microbiología, genética, bioquímica, química orgánica e ingeniería química podrían ser admitidos en un programa de becas para posgraduados, de 1 a 2 años, en instituciones asociadas al CIIGB. Entonces se planificaría la formación del estudiante y se elegiría un tema de tesis, mediante el diálogo entre el CIIGB y una institución asociada. Se elegirían tanto proyectos básicos como aplicados (1:1). La institución asociada se encargaría de conceder los títulos.

Como la formación sería individualizada, no tendría sentido presentar un programa, pero deben mencionarse los cursos ya organizados por el Centro de Investigaciones Biológicas de la Academia de Ciencias Húngara (Szeged) y el Centro Internacional de Investigación y Desarrollo Cooperativo en Ingeniería Microbiana del Japón (Osaka). Además, debería tenerse en cuenta la experiencia obtenida a principios del decenio de 1970 con el "Programa de Química del Brasil". Este programa fue un experimento en investigación y capacitación a nivel de posgraduado, de gran interés para las metas trascendentes del CIIGB. Así, por ejemplo, hay razones sobradas para subrayar que "... los becarios de ultramar en materia de investigación necesitan ayuda especial para obtener nuevos puestos al regresar a sus países. Deben preverse ayudas de viaje y otros mecanismos para hacer posible, una vez terminado el programa, la continua colaboración científica entre los científicos de los países participantes" (13).

La observación de que "los países en desarrollo con gran capacidad en una disciplina determinada podrían establecer útilmente una vinculación con otro país en desarrollo que tuviera una capacidad relativamente menor en la esfera elegida" debería tenerse en cuenta al planificar los programas de formación individual.

Un comienzo sería la capacitación avanzada en las disciplinas que proporcionan la base científica de la tecnología de la fermentación (bioquímica, fisiología microbiana y genética). Iría seguido por cierta especialización, en función de las aptitudes del estudiante, y debería incluir alguna experiencia industrial. Habría una orientación industrial, en la que se daría importancia al diseño y la economía de los procesos, o bien se fijaría como objetivo una carrera académica ordinaria. Ambas clases de estudios capacitarían para recibir una formación doctoral avanzada en el CIIGB.

d) Capacitación en materia de investigación en el CIIGB

La capacitación doctoral y posdoctoral en el CIIGB debería ser de carácter no académico y basada en seminarios internos y conferencias y demostraciones de especialistas invitados. El estudiante debería terminar la tesis que hubiera iniciado en la institución asociada, la cual, en su caso, le expediría un título académico. El estudiante debería adquirir una amplia experiencia de laboratorio mediante un programa individual que lo haría pasar por todos los departamentos del CIIGB a lo largo de un período de unos años. Se daría importancia al funcionamiento de fermentadores, reactores bioquímicos y equipo de recuperación de productos, y serían obligatorios períodos de trabajo en las instalaciones de apoyo (laboratorio de medios) y mantenimiento (taller).

La formación incluiría también el conocimiento de estudios de casos orientados a misiones, elegidos para ilustrar los problemas de diseño e ingeniería de procesos que encontraría un bioingeniero cuando tuviera que iniciar, planificar y ejecutar proyectos en países en desarrollo. Se daría importancia, por ejemplo, a los problemas relacionados con la utilización de bancos de datos y de otras fuentes de información, a la gestión de la transferencia de tecnología y la concesión de licencias, y a los principios que rigen las políticas con respecto a las patentes microbiológicas en los distintos países.

e) Programa de antiguos alumnos del CIIGB

No deberían escatimarse esfuerzos para mantener la vinculación entre el CIIGB y los expertos que el Centro hubiera formado, y entre los distintos "centros de crecimiento" que los antiguos alumnos hubieran establecido en los países en desarrollo. En consecuencia, la Junta de Directores Científicos debería disponer de un fondo con cargo al cual podría distribuir, una vez al año, ayudas de viaje a los antiguos alumnos, destinadas a esa finalidad.

REFERENCIAS

1. "MIRCEN NEWS", boletín regular de noticias del PNUMA/UNESCO/Organización Internacional de Investigaciones Celulares, c/o Dr. T. Rosswall, Departamento de Microbiología, Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas, S-75007, Uppsala, Suecia.
2. Plan a Plazo Medio (1984-1989), Primera parte, Conferencia General de la UNESCO. Cuarto período extraordinario de sesiones. París, 1982.
4 x c/4.
3. Newsletters del Shri A.M.M. Muragappa Chettiar Research Center (Photosynthesis and Energy Division), Tharmani, Madras, 600042, India.
4. Steinkraus, K.H., "Application of Biotechnology and Genetic Engineering to African Fermented Food Processes". Documento presentado en Abiyán, Costa de Marfil, 5 a 9 de abril de 1982.
5. "Microbial Processes, Promising Technologies for Developing Countries". Informe de un grupo ad hoc de la National Academy of Science de los Estados Unidos, Washington, D.C., 1979.
6. Newsletter de la International Mushroom Society for the Tropics, c/o Department of Biology, The Chinese University of Hong Kong. Shotin, N.T. Hong Kong.
7. Erikson, K.E. y Goodell, E.W., Can. J. Microbiol., 20, 371, 1974.
8. Szakács, G.Y. y E. Madas, "Wet preservation of leaf protein by lactobacillus", Biotech. and Bioeng., 21, 721, 1979.
9. Hedén, C.-G., "The Potential Impact of Microbiology on Developing Countries", UNIDO/IS.261, 27 de noviembre de 1981.
10. Hedén, C.-G., "Global Aspects of Biotechnology", J. Chem. Tech. Biotech., 32, 18, 1982.
11. "Computer-based conferencing systems for developing countries", CIID, 26 a 30 de octubre de 1981.
12. "Recommendations on Education and Biochemical Engineering". Comité de Fermentación de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC Information Bulletin, No. 48, pág. 68, 1974).
13. "The Brazil Chemistry Programme - an International Experiment in Science Education". The Commission on International Relations of the Board on Science and Technology for International Development of the U.S. National Research Council National Academy of Science, Washington, D.C. 1979.

