



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.

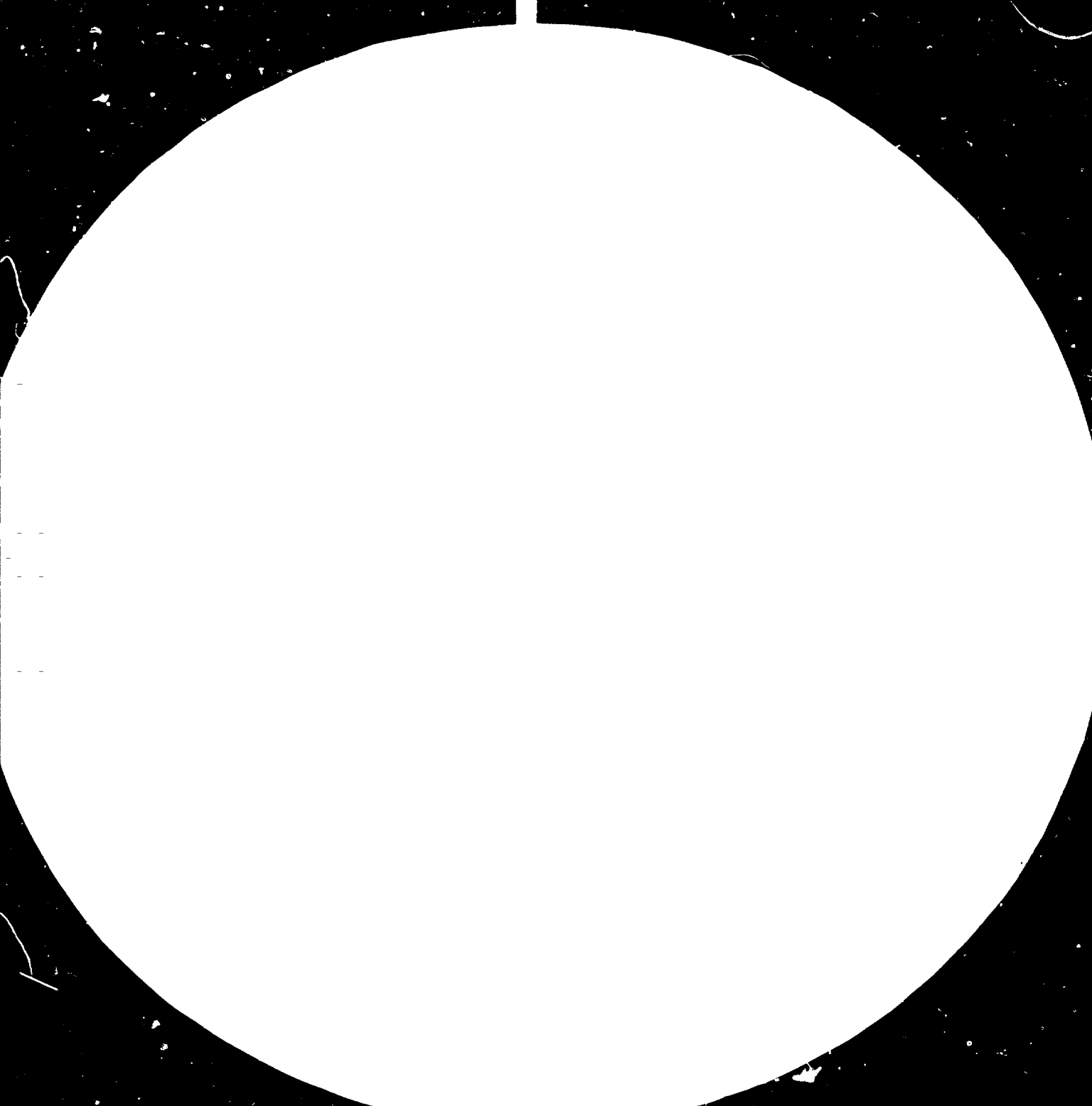
FAIR USE POLICY

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





28

25

22

22



20

1.8

1.25

1.4

1.6

Microscopic Method of Counting, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025

1

1



11733-S



Distr. LIMITADA
ID/WG.382/2/Add.5
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

PRODUCTOS AGRICOLAS Y ALIMENTICIOS MEJORADOS MEDIANTE LA
INGENIERIA GENETICA Y LA BIOTECNOLOGIA*

preparado por
David McConnell**

* 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.

** Conferenciante, University of Dublin, Department of Genetics, Trinity College, Dublín 2, Irlanda.

V.82-30506

INDICE

	<u>Página</u>
A. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION	1
Introducción	1
Métodos modernos de cultivo de plantas	1
Ingeniería genética de las plantas mediante la utilización del ADN recombinado	2
Plaguicidas biológicos modernos obtenidos mediante la ingeniería genética	4
Nitrificación, fotosíntesis y otros procesos complejos de las plantas	4
Ingeniería genética y elaboración de alimentos	5
B. ACTIVIDADES	9
Componentes de investigación y desarrollo	9
Aplicación del ADN recombinado al cultivo de plantas	10
Aplicación del ADN recombinado a la elaboración de alimentos	11
C. PLAN DE TRABAJO	11
Ingeniería genética de plantas y sistemas de elaboración de alimentos	11
D. COLABORACION CON OTROS INSTITUTOS	12
E. REQUISITOS PREVIOS	13
F. NECESIDADES FINANCIERAS	13
Ingeniería genética de las plantas	13
Aplicación de la ingeniería genética y de la elaboración de los alimentos	13
Presupuesto quinquenal	14
ANEXO I	15
Necesidades de equipo	15
Instalaciones centralizadas	15
Instalaciones especiales para el cultivo de tejidos vegetales, la regeneración de plantas y el cultivo de plantas	15
Equipo principal	15

A. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

Introducción

La tecnología de la ingeniería genética se está aplicando hoy a diversos problemas de las industrias agrícola y alimentaria. En particular, hay oportunidades para desarrollar nuevas cepas de plantas, tanto en la agricultura como en la silvicultura, combinando la tecnología de la ingeniería genética con el cultivo de células vegetales y de tejidos protoplásticos, para la utilización, en mayor escala y por un método diferente, de insecticidas "naturales" y para el desarrollo de métodos modernos de elaboración de alimentos que utilicen otras materias alimenticias, por ejemplo, la celulosa, y permitan otros usos de materias alimenticias tradicionales, por ejemplo el azúcar. Otro efecto importante de la ingeniería genética en la agricultura y los alimentos será la producción de vacunas más eficaces para el ganado. 1/

Métodos modernos de cultivo de plantas

Los programas de cultivo de algunas especies y cepas de plantas agrícolas y forestales importantes están siendo revolucionados por la introducción del cultivo de tejidos vegetales y la regeneración de plantas enteras a partir de ese cultivo de tejidos. La tecnología ha acelerado ya grandemente la velocidad a que se puede clonar plantas o propagarlas vegetativamente, es decir, producir plantas que sean genéticamente idénticas a la planta original. En el caso de muchas plantas, esto puede no ocurrir u ocurrir sólo raras veces o lentamente si se utilizan métodos más o menos naturales.

En el caso de otras plantas, ha resultado difícil producirlas en gran escala por métodos naturales. La metodología del cultivo de tejidos está produciendo cambios notables, que afectan por ejemplo, a la producción clonal de plantas tan diversas como las palmas de aceite, las coníferas, las orquídeas, los cítricos y los espárragos, entre otras muchas. La escala de la tecnología puede calibrarse observando que "el número de árboles (abetos de California) que pueden cultivarse a partir de células en 100 litros de medio, en un período de 3 meses, basta para repoblar aproximadamente 120.000 acres (48.000 hectáreas) de tierra, con un espaciamento de 12 x 12 pies". Por ello, en principio, resulta posible seleccionar un solo árbol forestal superior, o palma de

1/ Véase "Aplicación de la ingeniería genética y de la biotecnología para la producción de vacunas mejoradas para los seres humanos y para animales, con particular referencia a las enfermedades tropicales", ID/WG.382/2/Add.4.

aceite, palmera datilera, etc., y utilizar cultivos de tejido de esa única planta para producir un número muy elevado de descendientes en un plazo relativamente corto. La técnica es también valiosa porque ofrece una forma de producir cepas libres de cirus. Tiene el inconveniente potencial de crear monocultivos genéticamente homogéneos pero, una vez conocido ese inconveniente, pueden tomarse precauciones contra él.

Además de la oportunidad de realizar una reproducción clonal en gran escala, el cultivo de tejidos ofrece otras muchas oportunidades para el cultivo de plantas.

- a) Al cultivar tejidos pueden seleccionarse células vegetales resistentes a las toxinas o a otros agentes. Las plantas regeneradas a partir de esos cultivos pueden ser entonces resistentes, como ocurre, por ejemplo, en el caso del maíz regenerado a partir de células seleccionadas por su resistencia a la toxina del Helminthosporium maydis.
- b) Pueden producirse híbridos intraespecíficos e interespecíficos, fusionando protoplastas derivados de los tejidos de diferentes plantas y regenerando entonces plantas híbridas a partir de esos protoplastas híbridos. Esta tecnología no ha tenido hasta la fecha tanto éxito como en otro tiempo se esperó, produciendo en general híbridos viables únicamente en los sistemas en que los dos ascendientes se hibridan naturalmente. Sin embargo, existe un gran potencial para utilizar este método como otro instrumento para el cultivo de plantas, incluso dentro de una misma especie, introduciendo, por ejemplo, genes de resistencia a las enfermedades en variedades ya establecidas. Se está trabajando mucho en esta esfera y, a medida que se adquiere más experiencia en el manejo de los protoplastas, se estima, en general, que este método dará origen a nuevos híbridos útiles.

Ingeniería genética de las plantas mediante la utilización del ADN recombinado

La tecnología del ADN recombinado, denominada comúnmente ingeniería genética, se desarrolló en las bacterias y, en particular en la Eschericia coli, pero actualmente se está aplicando a las plantas, en conjunción con las técnicas del cultivo de tejidos, la preparación de protoplastas y la regeneración de plantas a partir del cultivo de tejidos. La combinación de esos métodos se traducirá probablemente en progresos considerables en el cultivo de las plantas.

El principal objetivo técnico es transferir genes, en forma de ADN purificado, de las diferentes cepas y especies a las células o los protoplastas vegetales receptores, de modo que se incorporen establemente a las células,

replicándose con los genes endógenos y expresándose en las células, cambiando así el carácter de éstas y el de las plantas regeneradas a partir de ellas. Las primeras etapas de ese programa se han alcanzado ya en varios sistemas. El plásmido Ti del Agrobacterium tumefaciens es un vector muy prometedor, al que puede incorporarse ADN exógeno y que se integra a su vez en el ADN de las células receptoras. También se están desarrollando como vectores virus vegetales de ADN, incluido el CaMV. Se están realizando estudios sobre la transformación de células vegetales mediante diversos genes, incluidos los de ovoalbúmina, leghemoglobina, sucrosesintetasa, zeína, fesolina, resistencia a la gentamicina G148 y resistencia a la metotroxata. Esos genes se están ensayando al incorporarlos a vectores basados en el plásmido Ti.

Muchos de esos proyectos se encuentran ahora en la etapa de perfeccionamiento de la creación de moléculas del plásmido de ADN recombinado para lograr la expresión de los genes exógenos en las células vegetales.

Se trata de una esfera de investigación en la que hay una gran actividad y existen razones de peso para pensar que ofrece oportunidades excepcionales para un progreso bastante rápido en su aplicación a la manipulación de sistemas genéticos sencillos. Estos sistemas comprenderían los genes que codifican la resistencia a los herbicidas, la resistencia a los insectos y la resistencia a las micotoxinas. Así, por ejemplo, se ha estructurado un sistema genético bacteriano que codifica la resistencia al 2.4.5 T. Si este sistema se incorporase a un cultivo comercial, podría utilizarse el 2.4.5 T como herbicida en ese cultivo. El sistema genético que codifica la resistencia a la micotoxina del Helminthosporium myadis del maíz se ha identificado como parte del ADN mitocondrial. A partir de aquí podrá purificarse fácilmente, lo que constituye un paso importante para elaborar un programa de manipulación genética a fin de introducir ese sistema en diferentes variedades.

La ingeniería genética de las plantas mediante el ADN recombinado, que implica la transferencia de la expresión de modelos de sistemas genéticos sencillos a las plantas regeneradas a partir del cultivo de tejidos, se logrará probablemente, en muchos sistemas, dentro de pocos años. La aplicación de la tecnología a los sistemas comercialmente importantes, que vendrá luego, dependerá de la rapidez con que se alcancen algunos objetivos de la investigación. Es importante desarrollar una gama de vectores de expresión, especialmente para su utilización en las monocotiledóneas, y se necesitan métodos que puedan

reproducirse para preparar y transformar los protoplastas de plantas comercialmente importantes y regenerar plantas enteras a partir de ellos. En un principio será necesario centrarse en las características comercialmente importantes que controlan genes aislados y desarrollar las técnicas bioquímicas e inmunológicas necesarias para purificar esos genes. Hay genes que codifican la resistencia a las enfermedades en diversas especies, que se analizarían de esa forma como preparación para su introducción utilizando el ADN recombinado, y hay algunos genes ya disponibles, incluidos algunos bacterianos, que especifican toxinas plaguicidas. Estos son los que se estudian en la siguiente sección.

Plaguicidas biológicos modernos obtenidos mediante la ingeniería genética

La ingeniería genética tendrá un impacto considerable en la producción y utilización de plaguicidas proteínicos, como las proteínas de esporas plaguicidas de las variedades del Bacillus thuringiensis. Estas proteínas se usan como plaguicidas comerciales y son eficaces contra diversas plagas agrícolas. Se ha informado también de que algunas cepas de bacilos producen toxinas que actúan contra los vectores de la fiebre amarilla, la filariasis, el paludismo y la oncocercosis, por lo que el valor de ese género no se limita a la agricultura. Hay muchas otras especies de bacterias y de hongos con potencial como insecticidas, y su utilidad puede aumentarse aplicando la ingeniería genética. Se ha aislado al gen que codifica la toxina de una variedad del B. thuringiensis y se la ha transferido a otra especie bacteriana en la que se ha expresado. Será posible transferirla a plantas y, de esa forma, comprobar si se puede hacer que éstas sean directamente tóxicas para los insectos que se alimentan de ellas.

Nitrificación, fotosíntesis y otros procesos complejos de las plantas

Se ha sugerido muchas veces que la ingeniería genética puede ser útil para producir cepas nuevas de plantas que fijen el nitrógeno o realicen la fotosíntesis de forma más eficiente. Es posible que una de esas metas, o ambas, puedan lograrse, pero hoy se acepta por lo general que tales objetivos serán seguramente difíciles de alcanzar y que ello exigirá, probablemente, muchos años. No obstante, es indudable que la ingeniería genética ha producido ya avances notables en la comprensión de esos dos procesos, en especial el de nitrificación, que entrañan características genéticas complejas controladas por gran

número de genes diferentes, y hay algunos proyectos conexos que parecen más prometedores, porque se orientan a la manipulación de genes aislados. Algunos de estos proyectos se describen dentro del programa de trabajo sobre la producción de fertilizantes mediante la utilización de sistemas biológicos. Por ejemplo, parece razonable tratar de manipular los genes de las bacterias nitrificantes en libertad para hacer que se adhieran a las raíces de plantas importantes que absorben del suelo el nitrógeno fijado. En principio, debería aumentarse la concentración del nitrógeno fijado en la proximidad inmediata de las raíces.

Es importante para los países en desarrollo tener un buen conocimiento de los estudios de ingeniería genética que se realizan sobre el proceso de nitrificación. Los programas de ingeniería genética de las plantas y de fertilizantes que se emprenderán en el CIIGB serán una fuente de asesoramiento especializado en esa esfera.

Ingeniería genética y elaboración de alimentos

La aparición de la ingeniería genética ha aumentado grandemente la aplicación de la biotecnología a la industria alimentaria. Se está utilizando de muchas formas, de las que quizá la de mayor alcance sea la aplicación de las enzimas en la elaboración de alimentos. La utilización de las enzimas es una tradición antigua y bien asentada en muchas sociedades; un ejemplo evidente es el uso de la quimosina (cuajo) en la fabricación del queso y, desde luego, las actividades enzimáticas son esenciales en panadería, destilación de vinos y cervezas y muchos otros procesos alimentarios antiguos y muy extendidos. En la época moderna, la utilización de las enzimas se ha hecho más compleja y diversificada, a medida que se ha dispuesto de más enzimas en forma parcialmente purificada y en grandes cantidades. Hoy se utilizan unas 20 enzimas diferentes en lo que equivale a una escala industrial, entre ellas las amilasas, proteasas, amiloglucosidasa, quimosina, lipasas, glucosa oxidasa, pectinasa, glucosa isomerasa, etc. El mercado total de esas enzimas se acerca a los 300 millones de dólares y está creciendo rápidamente. Las enzimas se utilizan para añadir valor a los alimentos, mejorando, por ejemplo, sus propiedades de almacenamiento, como en la transformación de leche en queso o de frutas en jugos de frutas o vino, o mejorando su valor nutritivo, como en la transformación de celulosa en glucosa. Algunas enzimas se han hecho sumamente importantes para la fabricación de nuevos alimentos o de aditivos alimentarios.

El ejemplo más conocido es la utilización de una serie de actividades enzimáticas, especialmente de la glucosa isomerasa, para producir jarabe rico en fructosa a partir del maíz. Esta nueva sustancia dulcificante representa ahora alrededor de la mitad del mercado de esas sustancias en los Estados Unidos, habiendo desplazado al azúcar de caña y de remolacha y afectado seriamente a la producción de azúcar tanto en los Estados Unidos como en el extranjero. Hay otras oportunidades importantes para innovaciones de esta índole, que podrían tener consecuencias muy graves para los países en desarrollo que son principalmente productores. En cambio, los países en desarrollo pueden utilizar el mismo enfoque general para innovar en orden a sus propios fines. Un ejemplo es la utilización de una serie de enzimas para transformar la celulosa en glucosa, utilizando hierbas, algas y sargazos, paja y otros residuos vegetales, como los de girasol y algodón, en calidad de piensos básicos. Muchas de las enzimas útiles para la elaboración de alimentos de esta clase, que transforman el almidón, la celulosa o la hemicelulosa en glucosa o xilosa, incluidas las β -amilasas, amiloglucosidasa, pululanasa, β -glucanasas y exlanasa y ligninasas, serán útiles también para la elaboración de biocombustibles.

La ingeniería genética afectará a la industria de la elaboración de alimentos al hacer que se disponga de una gama mucho mayor de enzimas, en mayor escala y a un costo más reducido. Esto afectará también a la producción de cierto número de aditivos alimentarios proteínicos, por ejemplo la taumatina y la monelina, que son dulcificantes. Esas proteínas son unas mil veces más dulces que el azúcar pero, por ser proteínas, tienen un valor calorífico inferior. Se producen como parte de los frutos de algunas zonas del Africa occidental, pero en cantidades relativamente pequeñas. Los genes de esas proteínas podrían transferirse a las bacterias para dirigir la síntesis de las sustancias dulcificantes proteínicas en las fermentaciones en gran escala. Si el sabor de las proteínas no resulta aceptable como sustitutivo del azúcar o si sus propiedades físicas no las hacen adecuadas para su incorporación a algunos alimentos, se podría utilizar la mutagénesis adaptada al emplazamiento para producir muchos derivados con propiedades más convenientes. Las sustancias dulcificantes proteínicas, como el Aspartame, una proteína sintética muy pequeña, se están utilizando cada vez más ampliamente; si las proteínas son grandes (por ejemplo, más de unos 30 aminoácidos, como la monelina y la taumatina), es probable que resulte más económico fabricarlas por ingeniería genética que por síntesis química. Las consecuencias para los países en desarrollo, sin embargo, son claras. La nueva tecnología de la ingeniería genética permite a los países desarrollados producir materiales alimenticios limitados anteriormente a los trópicos.

En los países desarrollados se está aplicando la ingeniería genética, de muchas formas diferentes, a sistemas agrícolas modernos y nuevos métodos de producción y elaboración de alimentos. La escala de los efectos puede ser muy grande, como por ejemplo en el caso del cambio del azúcar de caña y de remolacha a los jarabes muy concentrados, debido al desarrollo de un nuevo proceso biotecnológico que utiliza las enzimas. El programa de gasohol de los Estados Unidos y programas similares de otros países pueden tener consecuencias todavía más drásticas, a medida que el almidón, en forma de maíz o de mandioca, y el azúcar de caña y de remolacha dejen de utilizarse como alimentos y se consuman como combustible. De hecho, el costo económico de los productos alimenticios básicos se verá afectado por el del petróleo. Si se desarrollan procesos eficaces para transformar la celulosa en glucosa y, por consiguiente, en alcohol, el precio de la celulosa en forma de madera, paja, algas, hierba, etc., se verá afectado también por el precio del petróleo. Es imposible en esta etapa prever todas las ramificaciones de esas nuevas biotecnologías, pero es evidente que son ya muy amplias: hay ahora fuertes presiones económicas para encauzar los excedentes alimentarios, especialmente de maíz, hacia la producción de combustibles mediante la biotecnología.

Al mismo tiempo, la nueva biotecnología puede ser utilizada por los países en desarrollo para sus propios fines, por ejemplo en programas autóctonos de biocombustibles, como en el Brasil. Los productores de azúcar pueden crear sus propios programas para fabricar jarabes ricos en fructosa a partir del azúcar de caña o de remolacha, en respuesta a la constante disminución de los precios mundiales del azúcar. Si la celulosa se convierte en fuente importante de biocombustibles, puede convertirse también en fuente importante de glucosa, que es un producto intermedio en la producción de biocombustibles.

Resulta fácil comprender, por consiguiente, que la ingeniería genética y la biotecnología tendrán un impacto muy importante en los países en desarrollo. La finalidad de esta parte del programa de investigaciones del CIIGB es emprender proyectos de investigación que ayuden a los países en desarrollo a adaptar y aplicar la nueva tecnología a los aspectos pertinentes de la agricultura, la silvicultura y la producción de alimentos. Esto significará dar mayor importancia a la investigación sobre las plantas y sobre la elaboración y preservación de los productos alimentarios, que sean importantes y no se estén realizando en los países en desarrollo. Algunas investigaciones se centrarán en

métodos modernos de cultivar plantas, incluida la propagación clonal del cultivo de tejidos y la ingeniería genética que utiliza el ADN recombinado. Otras investigaciones se orientarán a las aplicaciones de la ingeniería genética en la producción de enzimas para la industria de elaboración de alimentos, y esto entrañará la determinación de sistemas de clonación en la levadura y el Bacillus subtilis. Estos sistemas son esenciales para producir materiales que deben utilizarse en la industria alimentaria (porque resultan generalmente aceptables con arreglo a las reglamentaciones alimentarias que prohíben los sistemas del Escherichia Coli), pero no se dispone libremente de ellos a causa de la existencia de patentes.

El CIIGB debería identificar cierto número de especies de plantas importantes para los países en desarrollo y fijar metas de cultivo para esas plantas, de interés poco probable para los países desarrollados, y que se espere alcanzar más eficazmente utilizando una combinación del cultivo de tejidos vegetales y de ingeniería genética. Esas plantas elegidas deberían incluir tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas. En la actualidad esas técnicas están muy desarrolladas para las dicotiledóneas, pero es esencial que el CIIGB participe activamente en el desarrollo de nueva tecnología para las monocotiledóneas, grupo de plantas que incluye todos los cereales más importantes.

El acento principal del programa recaerá en las plantas alimentarias básicas, pero un elemento debería orientarse a la silvicultura, con el mismo objetivo general, consistente en aplicar la nueva tecnología de la ingeniería genética al cultivo de cepas mejores, de forma rápida y en gran escala, a fin de ayudar a la repoblación forestal con objeto de proteger la cobertura del suelo, suministrar madera para las necesidades locales y de exportación, y como parte de programas de cultivos energéticos.

El programa del CIIGB en materia de elaboración de alimentos se centrará en la producción de enzimas, especialmente las que catalizan la hidrólisis de los polisacáridos almidón, celulosa, hemicelulosa y pectina, y la hidrólisis de las proteínas y de la lignina. Será necesario desarrollar una serie de vectores de clonación para la expresión de genes exógenos en la levadura y el B. subtilis. No se dispone fácilmente de esos vectores, en parte porque son sumamente importantes para la industria de los países desarrollados, pero resultan esenciales, no sólo para los programas de investigación del CIIGB sino también para los programas de investigación de los países en desarrollo.

El objetivo inmediato de esta parte del programa es desarrollar vectores, tanto para la levadura como para el B. subtilis, y aplicarlos a la producción de un pequeño número de enzimas para su utilización en la elaboración de alimentos. Esas enzimas se elegirán teniendo en cuenta la evidente duplicación de intereses entre los programas de combustibles y los de elaboración de alimentos.

B. ACTIVIDADES

Componentes de investigación y desarrollo

La investigación en esta esfera se realizará por dos grupos, uno de ellos encargado de la aplicación de la ingeniería genética al cultivo de las plantas y otro de su aplicación a la enzimología de la elaboración de alimentos.

El grupo de ingeniería genética vegetal desarrollará vectores de ADN para su utilización en plantas de importancia económica para los países en desarrollo, y los usará para introducir genes exógenos en esas plantas, por ejemplo preparando y transformando protoplastas y regenerando plantas enteras a partir de ellos. Se elegirán los genes exógenos aislados que transcriben la resistencia a las plagas o enfermedades, mejoran las propiedades nutricionales, transmiten la resistencia a los herbicidas o especifican otras características útiles. Se realizarán estudios activos con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz y otros organismos internacionales, para coordinar este programa y garantizar que las especies vegetales y los genes exógenos se elijan acertadamente. Cuando sea posible, los proyectos se elegirán en asociación con los programas nacionales de investigación de los países en desarrollo. El centro de atención de este grupo será el desarrollo y utilización de vectores vegetales de ADN, sobre la base de plásmidos y de virus vegetales de ADN, y el aislamiento y la estructuración genética de genes aislados de importancia económica potencial. Se centrará en parte en el desarrollo de nueva tecnología para las monocotiledóneas, porque éstas incluyen los cultivos alimentarios más importantes, que son los cereales, y porque se ha informado de que los vectores T1 de que actualmente se dispone no son eficaces en este grupo de plantas.

El grupo de elaboración de alimentos establecerá sistemas de vectores de expresión para el B. subtilis y la levadura. Esos sistemas se utilizarán

para lograr la expresión de los genes exógenos que codifican una serie de enzimas utilizadas en la elaboración de alimentos. El objetivo será, en cada caso, crear cepas de B. subtilis o de levadura que produzcan un excedente de esas enzimas, primero a escala de laboratorio y luego de planta experimental, en conjunción con el grupo de biotecnología avanzada del CIIGB. Las enzimas se elegirán en consulta con los productores o usuarios de enzimas de los países en desarrollo y con el grupo de biocombustibles del CIIGB. Se podrá prestar particular atención a la enzimología de la degradación de la lignocelulosa mediante insectos tropicales, con inclusión de la flora intestinal, y mediante bacterias y hongos tropicales.

El grupo contribuirá a un curso práctico anual sobre la tecnología de la ingeniería genética. Le incumbirá la tarea especial de dar capacitación experimental en la esfera del diseño y la utilización de vectores vegetales. Organizará una serie de reuniones de grupos de expertos para facilitar la aplicación de la ingeniería genética a los problemas del cultivo de las plantas y la elaboración de alimentos en los países en desarrollo. Esas reuniones incluirán las destinadas a estudiar diferentes temas como los vectores vegetales, los efectos económicos y la bioquímica de los principales genes de las plantas, la enzimología de la tolerancia a la sal, la bioquímica y la genética de la nitrificación, y los plaguicidas polipéptidos, temas que ponen de relieve aspectos relacionados con los países en desarrollo.

El grupo mantendrá y tendrá disponibles colecciones de plantas, vectores de la levadura y del B. subtilis, bacterias y cultivos de tejidos vegetales. Esas colecciones se catalogarán y se difundirán ampliamente, a fin de que los científicos de los países en desarrollo tengan fácil acceso a ellas. El grupo publicará manuales de registros experimentales que se pondrán a la disposición de los científicos de los países en desarrollo, y de los que se podrá disponer para celebrar consultas y colaborar en proyectos emprendidos en esos países.

Se espera obtener de este programa de trabajo los siguientes resultados:

Aplicación del ADN recombinado al cultivo de plantas

- Vectores vegetales de ADN que puedan utilizarse para introducir genes exógenos en plantas importantes para los países en desarrollo, especialmente las alimentarias, con inclusión de las monocotiledóneas y los árboles forestales, a fin de expresar esos genes. Los vectores se distribuirán a los científicos e institutos de los países en desarrollo;

- Nuevas cepas de plantas que hayan sido propagadas vegetativamente mediante el cultivo de tejidos y creadas genéticamente mediante el ADN recombinado. Los métodos y las cepas se distribuirán a los científicos e institutos de los países en desarrollo;
- Científicos y técnicos capacitados en esta esfera de investigación;
- Manuales de procedimientos experimentales;
- Documentación de conferencias y cursos prácticos.

Aplicación del ADN recombinado a la elaboración de alimentos

Vectores de ADN para permitir la expresión, a un alto nivel, de los genes clonados introducidos en el B. subtilis y la levadura. Los métodos y vectores se distribuirán a científicos, industrias e institutos de los países en desarrollo:

- Cepas de B. subtilis y de levadura que produzcan un excedente de enzimas capaces de degradar polisacáridos como el almidón, la celulosa, la hemicelulosa y la pectina, y los componentes de lignina de la lignocelulosa. Los métodos y las cepas se pondrán a la disposición de científicos, industrias e institutos de los países en desarrollo;
- Científicos y técnicos capacitados en esta esfera de investigación;
- Manuales de procedimientos experimentales;
- Documentación de conferencias y cursos prácticos.

C. PLAN DE TRABAJO

Ingeniería genética de plantas y sistemas de elaboración de alimentos

Primer año:

- Determinación de prioridades de investigación por el Consejo de Asesores Científicos;
- Creación de cultivos de tejidos vegetales y de sistemas de regeneración para especies vegetales seleccionadas;
- Creación de la "tecnología corriente" de sistemas de clonación para las plantas, la levadura y el B. subtilis.

Segundo año:

- Estudios bioquímicos sobre sistemas genéticos en que genes aislados codifican los principales caracteres de las plantas;
- Aislamiento por clonación de los genes que codifican los principales caracteres de las plantas;

- Estudios bioquímicos sobre las enzimas que hidrolizan los polisacáridos y la lignocelulosa;
- Aislamiento por clonación de los genes que codifican esas enzimas;
- Desarrollo de vectores de clonación para permitir la expresión estable de genes exógenos en las plantas, incluidas las monocotiledóneas;
- Desarrollo de vectores de clonación para permitir la expresión inducida de alto nivel de genes exógenos en el B. subtilis y la levadura;
- Otros estudios sobre cultivo de tejidos y regeneración vegetales de plantas.

Tercer año:

- Introducción de los principales genes exógenos y análisis de la expresión de esos genes en células vegetales de los cultivos de tejidos;
- Producción de cepas de levadura y de B. subtilis que expresen los genes que codifican la degradación de los polisacáridos y la de la lignocelulosa a un alto nivel;
- Continuación de los estudios bioquímicos sobre las enzimas que degradan los polisacáridos y la lignocelulosa;
- Continuación de los estudios bioquímicos sobre los genes aislados que codifican los principales efectos en las plantas;
- Continuación de los estudios sobre cultivo de tejidos vegetales y regeneración de plantas.

Cuarto año:

- Regeneración de plantas a partir de cultivos de tejidos en que se hayan clonado y expresado los principales genes exógenos;
- Ensayo a escala experimental de las cepas de levadura y de B. subtilis;
- Aplicación de la tecnología a otros sistemas genéticos, en el cultivo de plantas y la enzimología de la elaboración de alimentos.

Quinto año:

- Aplicación de la tecnología a otros sistemas;
- Ensayos sobre el terreno de nuevas cepas vegetales;
- Ensayo a escala experimental de cepas de levadura y de B. subtilis.

D. COLABORACION CON OTROS INSTITUTOS

- Coordinación con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz, el PNUD y la UNESCO;
- Coordinación con programas nacionales de investigación de los países en desarrollo.

E. REQUISITOS PREVIOS

Un requisito previo importante es que los alumnos procedentes de países en desarrollo tengan las calificaciones académicas apropiadas. Esos alumnos deberán poseer una formación muy sólida en microbiología y fisiología vegetal y en genética, y un conocimiento considerable de las técnicas analíticas.

F. NECESIDADES FINANCIERAS

Bajo la supervisión de un científico de categoría superior, se encargarán de las investigaciones los dos grupos siguientes:

Ingeniería genética de las plantas

Los cuatro científicos de esta esfera serán un experto en cultivo de tejidos vegetales y un experto en vectores vegetales de ADN, y otros dos científicos con experiencia complementaria apropiada en esferas como la bioquímica de los principales genes vegetales que afectan a características económicamente importantes, polipéptidos, plaguicidas, cultivo de tejidos y regeneración de monocotiledóneas, y cultivo de tejidos y regeneración de árboles forestales y de otras especies vegetales de importancia económica para los países en desarrollo. El grupo debería incluir dos becarios postdoctorales, cuatro técnicos y seis alumnos.

Aplicación de la ingeniería genética y de la elaboración de los alimentos

Los cuatro científicos en esta esfera serán un experto en la bioquímica y la enzimología de la elaboración de alimentos y un experto en la genética molecular del B. subtilis (o de la levadura). Habrá otros dos científicos: uno con conocimientos especializados de genética molecular de la levadura (o del B. subtilis) y otro con conocimientos especializados de la bioquímica de la enzimología de la degradación de polisacáridos. Uno de esos cuatro científicos deberá tener experiencia en clonación del ADN y otro haber trabajado en la degradación de la lignocelulosa. Otros componentes del grupo serán un becario postdoctoral, dos técnicos y cuatro alumnos.

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	300
Científico de categoría subalterna	32 años-hombre	1.440
Científico postdoctoral	12 años-hombre	288
Técnicos	18 años-hombre	408
Total parcial		<u>2.436</u>
Dirección del Centro y personal de apoyo		<u>570</u>
Total del personal		3.006

Actividades operacionales

Científicos visitantes	40 meses-hombre	320
Reuniones de grupos de expertos	4	100
Servicios de asesoramiento	30 meses-hombre	300
Capacitación	40 años-hombre	900
Material de información	30	30
Adquisición de productos químicos, etc.	76 años-unidad-hombre	760
Asociaciones		150
Gastos diversos (viajes, teléfono)		<u>84</u>
Total de las actividades operacionales		2.844
Total del programa de trabajo		

ANEXO I

Necesidades de equipo

Instalaciones centralizadas

Los grupos habrán de tener acceso a instalaciones centralizadas, entre ellas:

- 4 ultracentrifugadoras
- 2 escintilómetros
- 1 microscopio electrónico
- Instalaciones de preparación de medios
- Instalaciones de lavado
- Instalaciones de esterilización
- Instalaciones para síntesis de oligonucleótidos
- Instalaciones para secuenciar el ADN
- Instalaciones de preparación de anticuerpos monoclonales
- Laboratorios de recipientes

Instalaciones especiales para el cultivo de tejidos vegetales, la regeneración de plantas y el cultivo de plantas

- Salas de cultivo de tejidos vegetales;
- Receptáculos de cultivo de tejidos vegetales con temperaturas controladas y sistemas de iluminación;
- Campanas de flujo laminar;
- Instalaciones de cultivo de plantas con sistemas de control de luz y de calor;
- Los costos son difíciles de estimar. Se destinarán 150.000 dólares a imprevistos.

Equipo principal

- 4 centrifugadoras de velocidad media, por ejemplo la Sorvall RC5B
- 15 centrifugadoras de tipo Eppendorf
- 1 heladora
- 2 espectrofotómetros
- 2 cámaras refrigeradas a 4°C
- 10 incubadoras orbitales
- 10 baños
- 20 fuentes de energía
- Equipo de electroforesis

- 4 colectores de fracciones
- 2 hornos de vacío
- 8 incubadoras
- 2 microbalanzas
- 2 balanzas de plena carga
- 2 medidores de plena carga
- 2 medidores del pH
- 5 microscopios
- 8 congeladoras a -20°C
- 4 congeladoras a -70°C
- 10 refrigeradores domésticos cerrados
- Equipo de autorradiografía
- Cámara Polaroid
- Cajas de luz ultravioleta

El costo total del equipo principal será de unos 250.000 dólares.

