

# IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS GENETICOS Y SU MEJOR MANEJO EN CHILE

## Importance of genetic resources and their better management in Chile

Shigeru Suzuki<sup>1</sup>

### INTRODUCCION

La agricultura es esencial en el mejoramiento de la vida humana tanto en alimentación, habitación como vestuario. Se han realizado muchas experiencias con el fin de inventar la manera de sintetizar materias para vestuario y habitación, pero todos los alimentos para los seres humanos y animales provienen de la asimilación de la energía solar y procesados por medio de técnicas agrícolas.

Se nos demuestra que el gran aumento de población que hemos tenido en el mundo va a continuar algo más allá de este siglo. En las tres primeras décadas de este siglo la población aumentó en un 25%, en los años 1930 a 1960 en un 50% y, finalmente, en 1960 a 1990 en un 75%, lo que actualmente corresponde al número total de la población de Chile en un plazo de dos meses.

La agricultura tiene que alimentar a esta población en forma suficiente. No podemos esperar mucho de los terrenos arables, por lo tanto, tenemos que aumentar la productividad agrícola. Según las estadísticas, desde 1950 la producción de cereales aumentó casi exclusivamente vía el aumento de los rendimientos, a una tasa de 2,7% anual a escala mundial. En el mismo período la población lo hacía al 1,9%. Este incremento en los rendimientos y en la producción agrícola ha hecho posible que la disponibilidad de alimento *per capita* entre 1961-1963 y 1987-1989 aumentara desde 2.370 a 2.725 kilocalorías por día en América Latina (Turrent, 1994).

Por otro lado, este gran desarrollo agrícola ocasionó lamentablemente daños inesperados al medio ambiente. El rápido auge del rendimiento sólo fue posible por la divulgación de variedades de alto rendimiento (HYV), la abundante aplicación de fertilizantes químicos de efecto inmediato y la masiva pulverización de fungicidas, insecticidas y herbicidas. La administración de agroquímicos es muy efectiva y en algunos casos casi indispensable, pero la elección del material y el uso cuidadoso junto con la utilización de variedades genéticamente resistentes a las plagas, serán una buena solución. En este punto los recursos fitogenéticos (RFG) son de utilidad práctica.

La recomendación de HYV resulta en un aumento significativo en el rendimiento en la agricultura, pero simultáneamente existe el peligro de perder variabilidad genética del área productiva que implícitamente asegura estabilidad a largo plazo. También existe el riesgo de eliminar las razas locales que mantienen genes valiosos que sobrevivieron a las condiciones adversas durante las etapas evolucionarias. Este fenómeno junto con el desarrollo rápido del área agrícola por la explotación industrial causan una seria erosión genética.

En cuanto a la vulnerabilidad genética de mayores cultivos en E.U.A. se dice que el 60 a 80% del área de cultivo de fréjol seco, fréjol verde, papa y arroz son cubiertas con sólo dos a cuatro variedades principales.

---

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo Ph.D, Universidad de Tokio (Japón), de nacionalidad japonesa.

Entre las posiciones ejercidas, figuran la de Jefe del Laboratory of Adaptability, Department of Molecular Breeding, National Institute of Agrobiological Resources (NIAR), Japón; Director del Department of Genetic Resources, NIAR, Japón; y Director del Genetic Resources Center, NIAR, Japón.

Desde 1989 ocupa el cargo de Experto de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Chile, y es Líder del Proyecto JICA/INIA en Recursos Fitogenéticos, con sede en el Centro Regional de Investigación La Platina del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Distinciones otorgadas: en 1989, premio por el mejoramiento genético de variedades forrajeras gramíneas para la zona norte de Japón, 'Kitamidori', 'Okamidori', 'Wasamidori' y 'Hokuryo', otorgado por la Sociedad de Mejoramiento Genético de Japón. En 1994, premio por la contribución de largo plazo en la Cooperación Internacional de Tecnología, otorgado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

El 95% de 200 mil hectáreas de arveja son cubiertas por dos variedades y en el caso del camote se plantó una sola variedad en 69% del área total de este tubérculo de 40 mil hectáreas (Allard y otros, 1991).

Estos ejemplos de vulnerabilidad genética nos indican la importancia de generar diversidad para un mejor uso de los RFG basados en su colección y mantención.

## MANEJO DE RECURSOS GENETICOS

Nadie puede explicar bien la razón por la cual en el mundo se observa una gran omnipresencia de los orígenes de diversidad genética. Probablemente existían, en algunos lugares, centros de alta presión evolucionaria y también ambientes que podían preservar las variabilidades, son los que se detectaron como centros de genes por Vavilov en la primera mitad de este siglo (Vavilov, 1951). Dentro de ocho centros definidos por el fundador de esta ciencia, el octavo se localiza en Sud América con un subcentro Villa de Chile (Cuadro 1).

### CUADRO 1. Especies importantes originadas en el VIII Centro de Variabilidad Genética

TABLE 1. Important species originated from the VIII Center of Genetic Variability

VIII. South América	
<b>Tubérculos</b>	<b>Condimentos y estimulantes</b>
<i>Solanum andigenum</i>	<i>Capsicum frutescens</i>
<i>Oxalis tuberosa</i>	<i>Tagetes Minuta</i>
<i>Tropaeolum tuberosum</i>	<i>Erythroxylon coca</i>
<i>Ullucus tuberosus</i>	
	<b>Plantas fibrosas</b>
	<i>Gossypium barbadense</i>
<b>Rubros cultivados</b>	<b>Frutales</b>
<i>Lupinus mutabilis</i>	<i>Passiflora Ligularis</i>
<i>Chenopodium quinoa</i>	<i>Carica candamarcensis</i>
<i>Amaranthus caudatus</i>	<i>Carica pentagona</i>
<i>Zea mays</i>	<i>Carica pubescens</i>
<i>Phaseolus lunatus</i>	<i>Carica candicans</i>
<i>Phaseolus vulgaris</i>	<i>Lucuma obovata</i>
<b>Hortalizas</b>	<i>Psidium guajava</i>
<i>Solanum muricatum</i>	<i>Solanum quitoense</i>
<i>Lycopersicum esculentum</i>	
<i>Physalis peruviana</i>	<b>Plantas medicinales</b>
<b>Calabazas</b>	<i>Cinchona calisaya</i>
<i>Cucurbita maxima</i>	<i>Nicotiana tabacum</i>
<b>VIIIa. Centro de Chiloé de origen de plantas cultivadas</b>	
<i>Solanum tuberosum</i> L. - Papa.	
<i>Madia sativa</i> Molina - Planta oleaginosa tradicional.	
<i>Bromus mango</i> Desv. - Cereal etnológico (extinguido).	
<i>Fragaria chiloensis</i> Duchesn - Frutilla silvestre.	

Vavilov, 1951.

En este sentido, Chile tiene la ventaja de coleccionar RFG sobre otros países que no los poseen, pero también, en otro sentido, existe la responsabilidad de coleccionarlos y desarrollarlos al estar disponibles para la humanidad. En realidad, a partir de la época colonial habían muchos proyectos de colección mundial por los países desarrollados, y actualmente existen en el mundo algunos importantes bancos de RFG. Estas semillas se preservan a largo plazo *ex situ*, por el hecho de haber sido extraídas del terreno original al banco. En contraste, las plantas pueden preservarse *in situ* en estado natural en reserva, pero, en este caso, es difícil mantenerlas y controlarlas por largo plazo. Las dos formas de preservación de RFG, *in situ* y *ex situ* naturalmente tienen ventajas y también desventajas: ambas deben complementarse.

La colección de semillas en un banco es en un sentido peligroso cuando suceden accidentes. En algunas oportunidades el manejo de RFG se hace difícil, debido a que su propiedad no ha sido definida. En el caso de semillas ortodoxas, preservarlas por largo plazo es relativamente fácil con baja temperatura y humedad.

Existen cuatro centros nacionales que tienen más de 100 mil accesiones de RFG (Cuadro 2). El más importante es USDA que registra más de 550 mil accesiones, en la práctica tiene 443 mil accesiones en el sistema de informática llamado GRIN (Germplasm Resources Information Network) como accesiones vivas, cuya parte importante es preservada en el banco base de Fort Collins a -18 °C a largo plazo. Otros dos centros importantes son de la ex Unión Soviética y de China los que no tienen informaciones más que de ciertas cifras. El centro de RFG de MAFF de Japón

mantiene 198 mil accesiones con datos de pasaporte, la mayoría de las cuales son semillas y se preserva en el banco base (-10 °C) y en el banco activo (-1 °C) en Tsukuba, el resto mayormente frutales, té y moras es preservado en el campo también en Tsukuba.

## CUADRO 2. Cantidad estimada de recursos genéticos almacenados en programas nacionales y centros internacionales de investigación

TABLE 2. Estimated quantity of genetic resources preserved in national programs and international agricultural research institutions

Pais/Centro	Principales especies	Número de accesiones
EUA (USDA)	Todas las especies	557.000
China	Todas las especies	400.000
Ex Unión Soviética	Todas las especies	325.000
Japón (MAFF)	Todas las especies	197.000
CIMMYT	Trigo, maíz, cebada, etc.	106.300
ICRISAT	Sorghum, mijo, garbanzo, etc.	103.100
ICARDA	Cebada, trigo, forrajera, etc.	87.800
IRRI	Arroz	86.000
India	Todas las especies	76.800
CIAT	Poroto, mandioca, forrajera, etc.	66.000
IITA	Arroz, caupi, etc.	39.900
AVRDC	Hortalizas	38.500
CIP	Papa, camote	11.600

Los datos de pasaporte de las colecciones son vitales para ser utilizadas, puesto que un recurso genético sin informaciones de pasaporte no es controlable, es como una persona sin registro civil. Puede decirse que no vale la pena preservarlo por largo plazo con tan alto costo.

En el caso de USDA se está publicando un Libro de Registro de las accesiones de cada año sucesivamente, y las informaciones de pasaporte de las accesiones vivas se registraron en el GRIN y se encuentran disponibles "on-line" para los usuarios. En el caso de las colecciones del MAFF, en Japón, los datos de pasaporte de las accesiones disponibles se publican cada dos años y los datos de todas las accesiones están disponibles on-line para los investigadores del MAFF.

La caracterización de los RGF por los caracteres primarios y la evaluación en los caracteres agronómicos son muy importantes para el mejor uso de las accesiones. En el caso de manejar mayor número de accesiones es necesario estandarizar la forma de medir. Se han preparado manuales de descriptores para las especies importantes.

Los resultados de caracterización y evaluación son generalmente publicados, pero en el caso de USDA (Suzuki, 1994) son registrados en el GRIN para su uso on-line (Cuadro 3). En el caso del MAFF Genebank (Shirata, 1994), los resultados están en proceso de preparación para el servicio on-line (Cuadro 4).

La mayoría de los RFG se inicia con una pequeña cantidad tanto en casos de colección, introducción del extranjero como creación por mejorador o genetista. Se debe multiplicar para llegar a la cantidad necesaria para su distribución, aunque siempre hay casos en que no se puede distribuir por falta de cantidad. Sin embargo, una parte importante se encuentra disponible para su distribución (cuadros 3 y 4).

El manejo de información de los RFG es esencial para el uso eficiente de ellos. Sin informaciones de la colección nadie puede localizar una accesión que necesita. En la mayoría de los casos el administrador prepara una publicación del *index seminum* de su colección. Sin embargo, en casos de colección en gran escala es muy favorable preparar un sistema de búsqueda on-line. El primer ejemplo práctico ha sido GRIN de USDA que necesitó 10 años y 40 millones de dólares para su instalación. En la actualidad es el único ejemplo del sistema de uso cotidiano para el manejo completo de los cientos de miles de RFG más importantes del mundo.

**CUADRO 3. Avance de evaluación y disponibilidad de inventario por rubros importantes en el sistema GRIN de USDA**

**TABLE 3. Advances in the evaluation and availability of main crops in the GRIN System**

<b>Especies</b>	<b>Acciones</b>	<b>Características</b>	<b>Evaluadas (%)</b>	<b>Disponibles (%)</b>
Maíz	28.087	* barrenador del maíz * días a floración femenina	6.621 (23,6%) 2.588 ( 9,2%)	9.708 (34,6%)
Trigo	33.831	* altura de planta * hábito de crecimiento	12.510 (37,0%) 25.624 (75,7%)	31.050 (91,8%)
Soya	15.663	* altura de planta * contenido aceite	11.453 (73,1%) 11.416 (72,9%)	14.690 (93,8%)
Fréjol común	12.185	* hábito de crecimiento * color de vaina	7.142 (58,6%) 6.174 (50,7%)	10.759 (88,3%)
Tomate	9.973	* madurez * hábito de crecimiento	4.318 (43,3%) 4.327 (43,4%)	5.096 (51,1%)
Frutilla	909	* altura de planta * color de pulpa	298 (32,8%) 289 (31,8%)	879 (96,7%)
<i>Cuphea</i>	842	* hábito de crecimiento * contenido aceite	263 (31,2%) 192 (22,8%)	117 (14,1%)
<i>Amaranthus</i>	3.193	* cualquier contenido agronómico	0	1.839 (57,6%)

**CUADRO 4. Estado de colección de recursos fitogenéticos en MAFF, Japón**

**TABLE 4. Collection of genetic resources in the MAFF, Japan**

<b>Rubros</b>	<b>Accesiones</b>	<b>Caracterizadas<sup>1</sup></b>	<b>Disponibles</b>	<b>%</b>
Arroz	28.114	8.600	16.736	59,3
Trigo y cebada	55.206	10.654	23.818	43,1
Leguminosa de grano	14.882	1.415	8.628	58,3
Tubérculos	5.807	9.111 <sup>2</sup>	3.784	65,2
Otros cereales e industriales	10.008	739	6.284	62,8
Forrajeras	42.251	1.313	11.081	26,2
Frutales	8.013	1.062	3.984	49,7
Hortalizas	21.372	783	5.828	27,3
Ornamentales	3.625	409	272	7,5
Té	5.647	2.728	801	14,2
Mora	1.911	2.498 <sup>2</sup>	209	10,9
Tropicales	706	78	16	2,3
<b>Total</b>	<b>197.542</b>	<b>46.106<sup>2</sup></b>	<b>81.495</b>	<b>41,3</b>

<sup>1</sup>Casos de caracterización primaria por estandar autorizado en 1990.

<sup>2</sup>Casos que incluyen caracterizaciones repetidas en tiempo y lugar.

Por la presente teoría económica no se puede definir el valor de un recurso genético desconocido: es un valor con posibilidad latente en el futuro. Lo que implica que una gran cantidad de RFG ya tiene un valor inmenso. Este valor, sin embargo, no sirve de nada cuando los RFG no se utilizan. Por eso es muy importante la facilidad del uso para actualizar el valor de la colección. El interés de los usuarios, que prácticamente refleja el valor de la colección, se muestra en el registro de solicitudes y distribución.

El USDA distribuyó anualmente 204 mil accesiones como promedio en los años 80. En el año 1989 distribuyó 230.324 accesiones, un 13,3% de las cuales fueron destinadas al extranjero.

El uso de los RG se limitó al cruzamiento con la misma especie, pero desde hace 20 años, con el desarrollo de la biotecnología cambió el uso del gen contenido en una accesión para aplicarlo no sólo en el mejoramiento genético de cualquier especie de interés, sino también para cualquier uso de la secuencia de ADN.

### COOPERACION INTERNACIONAL Y PROYECTO NACIONAL DE CHILE

No hay duda de que en cualquier campo de la ciencia la cooperación internacional es necesaria para la pronta promoción del avance tecnológico. Como he citado, existen centros de diversidad genética del mundo en ocho lugares como Asia, Medio Oriente, Latino América, Africa y Mediterráneo, la mayoría de los cuales está en áreas en desarrollo. No se observan importantes diversidades genéticas en los países industrializados, donde hay actividades en el desarrollo de biotecnologías avanzadas. Por lo tanto, la cooperación internacional es prácticamente indispensable para el uso efectivo de variabilidad genética en la nueva técnica de la biología. Desde 1974, el "International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR)" ha estado colaborando con programas nacionales en el campo de los RFG. En 1993, se reorganizó como "International Plant Genetic Resource Institute (IPGRI)", y comenzó a funcionar en base a un mandato más relacionado con la organización y promoción de investigación de RFG con el auspicio del CGIAR, además de otros 17 institutos internacionales de investigación.

Algunos Centros Internacionales de Investigación especializan sus actividades en el desarrollo y divulgación de nuevas tecnologías agrícolas de rubros importantes de la localidad, y necesariamente trabajan estrechamente con la adquisición y utilización de RFG de dichos rubros (Day y otros, 1993). En consecuencia, ellos tienen importantes colecciones *ex situ* de las especies (Cuadro 2).

Según Carlos Muñoz (INIA, comunicación personal) y Marticorena (1991), en Chile existen, en total, alrededor de 7.500 diferentes especies de plantas, dentro de las cuales 5.700 son especies espontáneas, 45% de éstas son nativas de Chile, y otro 45% son endémicas. Asimismo, Chile registra una gran diversidad de plantas, y una parte muy importante es autóctona. Pero también existen observaciones de erosión genética seria como en el caso de *Bromus mango* y la *Chenopodium quinoa*, dos especies que se registraron como cereales importantes de los pueblos andinos antes de la llegada de los españoles, los que prácticamente han desaparecido de la dieta chilena.

El INIA participó en la evaluación del estado de los RFG realizada para el CONO SUR por el IBPGR en 1983 y en el cual se dejaba en claro que los RFG del país estaban en condiciones insuficientes (Cubillos, 1992).

Por otra parte, en 1984 la FAO expuso que se establece un Compromiso Internacional sobre RFG que considera una red de colecciones bases en bancos genéticos de centros nacionales e internacionales, bajo el auspicio y la jurisdicción de la FAO, en beneficio de la comunidad internacional. La mayoría de los países latinoamericanos adhirió a él. En este ambiente el INIA tomó contacto con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y desarrolló el Proyecto sobre "Conservación de Recursos Genéticos" (Suzuki y Toyao, 1993). Dicho proyecto se diseñó con el fin de fortalecer las actividades de fitomejoramiento mediante tres líneas de acción:

- Mejorar el sistema de introducción de RFG, especialmente en el caso de materiales de reproducción vegetativa, mediante la creación de una unidad de cuarentena de postentrada.
- Mejorar los procedimientos de fitomejoramiento, mediante la aplicación de biotecnología a aquellos problemas donde no se encuentran soluciones disponibles u ofrecer en forma más eficiente estas nuevas técnicas.

- Mejorar la conservación de los RFG de interés agrícola mediante la creación de un sistema de un Banco Base, tres Bancos Activos y numerosas cámaras para mantener Colecciones de Trabajo.

El proyecto se ha propuesto dar atención preferentemente a rubros agrícolas donde el concurso internacional es escaso, como son hortalizas, frutales, vid y forrajeras.

Este proyecto ha programado considerar recursos que serán aportados por diversas fuentes:

- El INIA aporta personal en diferentes disciplinas como fitomejoramiento, fitopatología, entomología, bioquímica, etc. También deberá incorporar nuevas disciplinas como fisiología celular y de tejido como también genética molecular.
- Japón proporciona tecnología especialmente en forma de entrenamientos de científicos chilenos en ese país y la venida de expertos japoneses a Chile. También se consideran otras fuentes.
- El equipamiento se obtiene mediante los aportes del BID y las donaciones de JICA.
- Las construcciones se financian con el crédito BID.

El Proyecto JICA/INIA comenzó en 1989, terminando su duración programada en 1993. Actualmente se encuentra en la etapa de "follow up" hasta fin de diciembre de 1995, más adelante el INIA tiene la responsabilidad de continuar sola esta misión.

Se construyeron tal como se programó, un banco base (-12 °C, 30% humedad relativa), tres bancos activos (-1 °C, 40% humedad relativa) e invernaderos de cuarentena, dos cámaras aisladas para cada uno de los dos niveles de aislación, y todo está funcionando adecuadamente, aunque hubo algunos atrasos y pequeños problemas solucionables. El proyecto ha sido bien equipado y actualmente está adquiriendo experiencia con colectas nacionales e internacionales. Los RFG del INIA se han ordenado en bancos para su preservación (Cuadro 5) y las informaciones han sido computarizadas (Cuadro 6).

#### CUADRO 5.1. Recursos genéticos de semilla preservados en el INIA

TABLE 5.1. Genetic resources preserved as seed in INIA

Rubros	Bancos activos				Total
	Banco Base	CRI La Platina	CRI Quilamapu	CRI Carillanca	
Soya	250				250
Fréjol común		600	1.200		1.800
Maíz	600	1.829			2.429
Forrajes	500			1.700	2.200
Berries	62				62
Lenteja		600	1.200	400	2.200
Garbanzo		800	1.200	800	2.800
Hortalizas		1.554			1.554
Trigo		8.000	8.000	8.000	24.000
Cebada				500	500
Avena				150	150
Arroz			1.800		1.800
Arveja			500	800	1.300
Raps				200	200
Quínoa		75			75
Frutales		44			44
Flores		50			50
Otros	50	380	150	200	780
<b>Total</b>	<b>1.462</b>	<b>13.932</b>	<b>14.050</b>	<b>12.750</b>	<b>42.194</b>

CUADRO 5.2. Recursos genéticos preservados *in vitro* en el INIATABLE 5.2. Genetic resources preserved *in vitro* in INIA

Años	Rubros		Total
	Papa	Camote	
Antes de 1988	50		50
1989	50		50
1990	100		100
1991	50	50	100
1992		50	50
1993			
<b>Total</b>	<b>250</b>	<b>100</b>	<b>350</b>

## CUADRO 5.3. Caracterización y evaluación de recursos genéticos en el INIA

TABLE 5.3. Characterization and evaluation of genetic resources in INIA

Años	Maíz	Fréjoles	Trigo	Arroz	Otros <sup>1</sup>	Total
Antes de 1988	400				80	480
1989	400				80	480
1990		400			120	520
1991		600			120	720
1992						0
1993	100		2.000	100		2.200
<b>Total</b>	<b>900</b>	<b>1.000</b>	<b>2.000</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>4.120</b>
<b>N° accesiones</b>	<b>1.800</b>	<b>1.800</b>	<b>24.000</b>	<b>1.800</b>	<b>120</b>	<b>29.520</b>
<b>Porcentaje (%)</b>	<b>50,00</b>	<b>55,56</b>	<b>8,33</b>	<b>5,56</b>	<b>100,00</b>	<b>13,96</b>

<sup>1</sup>Caso de ajos evaluados repetidamente.

## CUADRO 6. Datos de pasaporte computarizado

TABLE 6. Computerized passport data

Años	Fréjol	Soya	Forrajeras	Maíz	Quínoa	Frutales	Aistro- emeria	Otros	Total
Antes de 1988									0
1989									0
1990									0
1991									0
1992	1.263	239	444	1.655				5	3.606
1993			262					62	324
1944				29	75	44	50	280	478
<b>Total</b>	<b>1.263</b>	<b>239</b>	<b>706</b>	<b>1.684</b>	<b>75</b>	<b>44</b>	<b>50</b>	<b>347</b>	<b>4.408</b>

Contactos con SAG han facilitado la realización de un sistema de cuarentena específico a las materias de investigación, definiendo un área de aislamiento cuarentenaria en el Centro Regional de Investigación La Platina, y el proyecto ha establecido el proceso rutinario para los casos de introducción de RFG desde el extranjero. Con este fin se han instalado equipos para identificar virus por medio de serología, técnicas de ARN tal como el microscopio electrónico.

El programa de biotecnología también ha sido bien equipado y se encuentra asimilando nuevas técnicas para aplicarlas en el mejoramiento genético usando los RFG de la mejor forma.

La preservación y multiplicación de RFG por cultivo *in vitro*, cultivo de polen para mejoramiento por haploide, propagación somaclonal son ejemplos de técnicas ya establecidas en algunas especies. También las nuevas instalaciones están fortaleciendo las actividades de biología molecular utilizables en la caracterización de RFG y selección de progenitores por isoenzimas y marcadores moleculares hacia la introducción de genes de interés a las plantas por ingeniería genética.

Durante la ejecución de este proyecto, se ha llamado la atención sobre la integración de los RFG del país y la importancia de establecer un sistema para definir la identidad y manejo de los RFG de Chile como un sistema nacional. Se ha realizado una reunión donde se preparó un documento de recomendación para el Ministro de Agricultura con el fin de tomar una acción. En todo caso, ya que se ha establecido un proyecto nacional de RFG en el INIA, éste tiene que fomentar su actividad por largo plazo.

## RECURSOS GENETICOS Y BIOTECNOLOGIA

La biotecnología básicamente se ha definido como "Uso de organismos vivos o sus componentes para los procesos industriales", pero actualmente se entiende que "es la utilización del sistema biológico para producir algunos productos útiles y también la utilización del sistema biológico para proporcionar productos, procesos y servicios". El rápido desarrollo de la técnica en estos 20 años ha impactado también a otras ciencias, específicamente la agricultura, medicina y farmacología. Aunque los RG son un campo nuevo en la ciencia, tienen relaciones muy estrechas con la biotecnología.

En el proceso de adquisición de los RFG, la introducción desde el extranjero es muy importante. La de variedades de excelencia es necesaria para una primera etapa de desarrollo agrícola y también la de RFG seleccionados es útil para extender la variabilidad genética en la etapa avanzada del mejoramiento genético.

La introducción trae peligros, puesto que en forma involuntaria puede acarrear conjuntamente enfermedades y plagas que todavía no existen en el país. Para evitar estos peligros existe el sistema de cuarentena.

Actualmente en el proceso de cuarentena la detección e identificación de virus se encuentra en una de las etapas más importantes. Técnicas de serología y también de procesamiento del ARN de doble hebra están siendo recientemente probadas como indispensables para la identificación de virus.

La creación de RFG por mutación es una medida para ampliar la variabilidad genética. En algunas especies se conoce el cultivo *in vitro* que puede inducir abundante generación de embriones somaclonales, dependiendo del componente del medio de cultivo. Esta técnica se utiliza para inducir mutaciones con el propósito de crear variaciones genéticas. También, el uso de varios agentes de mutación en el proceso de cultivo *in vitro* se consideran eficaces en la creación de nuevas variantes, desde las cuales se pueden elegir genotipos útiles.

La preservación de los RFG en forma vegetativa es favorable en los casos de frutales, té, moras o algunas hortalizas en las cuales la producción de semillas no es común, para poder manejarlos como genotipos reales. No existía otro método sino cultivarlos en campo, cuyo costo es alto y además se corre el riesgo de ser dañado por causas naturales. La técnica de cultivo *in vitro* presenta una solución para reducir el costo y evitar el riesgo, aunque momentáneamente no es aplicable a todas las especies.

La preservación por ultrabaja temperatura, también por medio de la biotecnología avanzada, será el último método de preservación de RFG, tanto para semillas ortodoxas y recalcitrantes como también en forma de tejidos y órganos de las especies.



La multiplicación de los RFG preservados *in vitro* es un proceso muy útil de la biotecnología para preparación de material con el propósito de distribuirlos. Generalmente se necesita la purificación de virus mediante el cultivo meristemático, preparando las muestras para su distribución, repitiendo el proceso de purificación, si es necesario. Para el intercambio de RFG, es decir, la exportación al extranjero es necesario preparar las muestras *in vitro* en caso de especies preservadas vegetativamente para evitar problemas de cuarentena.

La caracterización de los RFG basada en los caracteres morfológicos o agronómicos, en general requiere del cultivo normal en campo, es decir, tiempo y mano de obra. Cuando existe conocimiento previo o antecedentes se puede utilizar tecnología bioquímica o molecular para la caracterización, teniendo sólo semillas, embriones, cotiledones, albúmenes o pequeños tejidos o raíz de plántulas. Se utiliza electroforesis de isoenzimas, proteínas o productos de genes y también la secuencia de ADN como huellas dactilares para identificarlos o discriminarlos.

La evaluación de los RFG también se puede realizar por biotecnología. La evaluación agronómica naturalmente necesita bastante tiempo y costo, también terreno y mano de obra. Al contrario, cuando hay conocimiento de la medida apropiada, se realiza en el laboratorio por el reducido costo y tiempo. La detección de productos químicos, alcaloides, pigmentos, proteínas o sustancias bioactivas, y también la determinación de la importancia relativa de subunidades de proteínas en semillas o tejidos de plántulas que están relacionadas con el valor de plantas adultas son técnicas realmente muy útiles en el proceso de evaluación.

Puede decirse que la caracterización y evaluación masiva por medio de la biotecnología avanzada son una clave muy importante para el uso efectivo de los RFG almacenados en el banco en gran cantidad.

Así es, la biotecnología es realmente una herramienta muy poderosa utilizable en varias etapas del manejo de RFG.

La última etapa del manejo de RFG, es decir la utilización de éstos, se encuentra mucho más estrechamente ligada con la biotecnología. El mejoramiento genético de plantas y producción de materias, proteínas, sustancias bioactivas, medicinas, alimentos, productos químicos de plantas, están actualmente en un avance tan rápido y revolucionario, que en otra oportunidad será discutida.

Por otro lado, los RFG tienen un rol crítico en el desarrollo de nuevas técnicas en la biotecnología.

Para obtener plantas transgénicas es necesario establecer un sistema consistente de regeneración de plantas a partir de células. Cuando se puede introducir un gen de interés a la célula de la especie, no sirve de nada si no se puede regenerar dicha célula en la planta en todas las formas. Por esta razón es indispensable que el investigador prepare un sistema consistente para regenerar las células de la planta. Existen diversas presentaciones en varias especies donde se han descubierto diferencias en la habilidad de regeneración entre los genotipos estudiados. Existen ejemplos en que se determinó el mecanismo genético de esta habilidad y se pudo asimilar esta alta habilidad a la variedad de objetivo.

Se sabe que la habilidad de inducir embriones somaclonales tiene variabilidad genética dentro de las variedades. Los investigadores pueden elegir su línea de trabajo dentro de la colección de la especie de objeto en el banco.

Para la introducción del gen es indispensable infectar *Agrobacterium*, portador del plasmidio que contiene el gen. Este método se ha establecido como estándar, aunque existen alternativas nuevas en desarrollo. El problema es el *Agrobacterium tumefaciens*, que infecta sólo a la planta dicotiledónea, y no a la monocotiledónea. Por lo que hay que buscar otras maneras de introducir un gen para las plantas monocotiledóneas. Pero también existen estudios de comparación de la ofensividad del *Agrobacterium* a la planta monocotiledónea dentro de los orígenes.

En estos casos la diversidad genética de la aptitud necesaria de la biotecnología dentro de las colecciones puede ayudar al conocimiento del mecanismo genético de la aptitud, y en consecuencia podrá ofrecer el desarrollo de la nueva técnica en la biotecnología.

## USO EFICIENTE DE INFORMACION PARA RECURSOS GENETICOS

El desarrollo revolucionario del "hardware" y "software" ha completado una disminución sorprendente en tamaño y precio, y al mismo tiempo un aumento admirable en la velocidad de procesamiento de los computadores y se está estableciendo una relación muy amistosa del sistema a los usuarios.

También se ha desarrollado una técnica de base de datos para el manejo de gran cantidad de datos.

La base de datos de los RFG más importante en el mundo, USDA, se mantiene por medio del sistema GRIN, que ofrece informaciones de pasaporte, características, inventario, además de servicio de distribución de 443 mil accesiones del USDA. Los datos de la mayoría de las colecciones de RFG y las de jardines botánicos del mundo se procesan en algunas formas de base de datos computarizadas y se manejan para la conveniencia de los administradores y también para los usuarios. De esta manera, el avance de la informática ayuda mucho al manejo y a un mejor uso de los RFG.

El rápido progreso de la biología molecular está realizando el sueño de los genetistas: docenas de miles de genes han sido analizados y escritos en ácidos nucleicos y están disponibles para los investigadores en bases de datos.

El DNA Data Bank of Japan (DDBJ) y otros bancos de genes son renovados diariamente. Según el National Center of Biotechnology Information (NCBI) se registran los resultados del análisis del genoma que son de 22.841 "expressed sequences" de seres humanos. Las de *Arabidopsis thaliana* y *Oryza sativa* son de 8.010 y 4.342, respectivamente. El NIAR de Tsukuba, en Japón, instaló este año el Centro de Genes que manejará la información del banco de datos de ADN junto con las materias genéticas analizadas y aisladas por el Proyecto de Genoma Vegetal del MAFF de Japón. En este momento se está acelerando el análisis de función del genoma en el Proyecto para preparar el servicio completo del Centro.

El avance que realmente impresiona es el de la comunicación electrónica. Rápidamente se está divulgando el servicio de intercambio de información on-line.

He adquirido experiencias con algunos "Bulletin Board Service (BBS)" de Japón y EUA. Además, con servicios de información de empresas privadas como Dialog Information Service y BiotechNet de EUA siempre con resultados positivos, aunque debemos evaluar su utilidad relacionándola con el costo. Después de la incorporación a la red de INTERNET, existen nuevas posibilidades para aprovechar económicamente la comunicación electrónica en el mundo (Cuadro 7).

El "Correo electrónico" es muy útil para el intercambio de opiniones, pero existen otros sistemas más dialogísticos como "INTERNET Talk" o "INTERNET Relay Chat", y también "Netnews" temáticos. A través del sistema "Gopher" podemos acceder al GeneBank, DDBJ, GRIN, datos del análisis del genoma, etc. para precisar y renovar conocimientos de genes y de RG actuales. Para localizar información necesaria en el mundo, "VERONICA" y "WAIS" pueden ayudarnos y, para retirar información a mano, está disponible el "FTP". "TELNET" está preparada para "remote login" a las otras máquinas o sistemas, y el "WWW" está adaptada a la nueva etapa de intercambio de información multimedia. Así, el avance de la informática incentiva el mejor manejo, el conocimiento renovado y el uso eficiente de los RFG.

## PERSPECTIVAS

La importancia de preservar los RFG de semillas *ex situ* permanecerá durante algún tiempo, mientras que la preservación *in vitro* y la criopreservación aumentarán su importancia con el rápido progreso de las técnicas.

La preservación *in situ*, completando la debilidad de estas medidas mencionadas, también tendrá que desarrollar su importante rol en la preservación de los valiosos RFG.

Los centros de RFG de los países desarrollados están asimilando el conocimiento de genes con la disponibilidad de materiales génicos y celulares, junto con semillas y materiales vegetales para el mejor uso de los RFG.

**CUADRO 7. Red Universitaria Nacional 11.04.94  
(4:01 PM)**

**TABLE 7. National Network of universities**

- 
1. Correo electrónico.
  2. Gopher Reuna.
  3. Bases de Datos Internacionales (Hytelnet).
  4. News de Internet (TIN).
  5. Internet Relay Chat (IRC).
  6. Cambio de Password.
  7. Ambiente Shell.
  8. WWW Reuna.
  9. Ayuda.
  10. Salir.

"?" for help:

Internet Gopher Information Client

Red Universitaria Nacional:

huelen.reuna.cl

- 
1. Léame primero
  2. Red Universitaria Nacional/
  3. Información Internet/
  4. Revistas/
  5. Otros servidores Gopher/
  6. Bibliotecas, Bases de Datos y otros Servicios de Información/
  7. Acceso a Servicios y Bases de Datos Comerciales/
  8. Otros Servicios/
  9. Reuniones, Encuentros, Seminarios, Congresos/
  10. Documentación y Ciencias de la Información/
  11. Gopher Server de CONICYT - Chile/
- 

Existe también la iniciativa de un grupo que recomienda participar en el movimiento de "Banqueando ADN" (Adams, 1992). Se propone la red "DNA Bank-Net" que funcionará coleccionando pequeñas cantidades de hojas desecadas para la preservación de ADN a bajo costo. Aunque se necesitará una investigación más detallada, esta propuesta tendrá una posibilidad interesante como una de las alternativas en el futuro.

El avance del sistema de la informática es fundamental para la mejor utilización de los RFG, tal como hemos visto en este texto. La adquisición del conocimiento y el intercambio de opiniones promueven la búsqueda más apropiada y el nuevo desarrollo de los RFG. Actualmente, la información extra verbal, por ejemplo, los colores de flores y hojas, la morfología visible y también microscópica, el cariotipo cromosómico y además las estructuras moleculares son totalmente manejables por el procesador de imagen o comunicador de multimedia, pero, se espera una mayor divulgación del sistema y las instalaciones. Estas medidas de imagen, dentro de poco, ayudarán mucho a la identificación y manejo de los RFG.

Hasta hace poco los RFG se utilizaron categóricamente en el mejoramiento genético de la misma especie, o en otras palabras con una planta cruzable sexualmente. Con el avance de la biotecnología se está eliminando la barrera entre los reinos de plantas, animales y microbios. Actualmente genes de microbios o virus están funcionando en plantas de interés agrícola para expresar resistencias prácticas a los insecticidas o virus. Teóricamente cualquier gen es transferible entre seres vivos de reinos diferentes, aunque existen dificultades en la transferencia del gen entre seres vivos ajenos para realizar su expresión completa.

Algunos centros de RG en el mundo incorporan el manejo de no sólo de los RFG, sino también los RG de microbios, animales, forestales y de seres acuáticos, siendo razonables porque los genes de todos los seres vivos tienen caracteres básicos y comunes independientemente de sus pertenencias del reino. No necesariamente en el mismo organismo, el manejo responsable de los RG de microbios y animales con los expertos de la disciplina propia y cooperación establecida con el grupo de RFG es indispensable para el eficiente uso de los RFG.

El gran interés mundial sobre biodiversidad producida en la cumbre de Río en 1992, originó el Convenio sobre la Diversidad Biológica y el 13 de junio de 1992, Chile firmó este Convenio. Ninguno de los países participantes negó la necesidad de conservar la diversidad biológica se realizaron discusiones acerca de este convenio, algunos no lo firmaron y muchos hicieron declaraciones de reserva desde su propio punto de vista, aunque lo firmaron. Según este acuerdo sobre diversidad biológica los países firmantes deberían mantener su diversidad creando una unidad nacional responsable y armonizando leyes nacionales para su conservación sostenible.

Sin duda el INIA tiene que asumir la responsabilidad de conservar la diversidad biológica como un curador nacional de RG, por el proceso formal de la legislación del país. A su vez, el INIA va a cumplir su tarea de coleccionar, intercambiar, preservar, caracterizar, evaluar, multiplicar, documentar y distribuir los RG de Chile como un organismo central de la gestión. Entonces, el INIA tiene que organizar un mecanismo que colabore

con los sectores universitarios y también privados para estandarizar el manejo de los RG del país con el propósito de una mejor utilización.

El INIA actualmente cuenta con una base suficiente para lograr físicamente esta tarea. La preservación y manejo de los RG no es un proyecto temporal, sino permanente y sin lucro del país. El cumplimiento de este rol estatal naturalmente fomenta las materias genéticas y tecnológicas necesarias para su uso, no sólo a las investigaciones agrícolas específicamente en el mejoramiento genético, sino también a las otras disciplinas de la ciencia biológica más estrechamente ligadas con la sanidad humana, lo que resultará en un aumento en la calidad de la vida humana del mundo en el futuro.

#### LITERATURA CITADA

---

- ADAMS, R.P., NHAN DO and CHU GE-LIN. 1992. Preservation of DNA in plant specimens from tropical species. In: R.P. Adams and J.E. Adams (ed.). Conservation of plant genes: DNA Banking and *in vitro* Biotechnology. Academic Press. 345 p.
- ALLARD, R.W. *et al.* (ed.). 1991. The U.S. national plant germplasm system. In managing global genetic resources. National Academy Press, Washington, D.C. 171 p.
- CUBILLOS P., ALBERTO. 1992. Criterios para el funcionamiento del sistema de preservación de recursos genéticos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile), Estación Experimental La Platina (Santiago). Serie La Platina Nº 40. 56 p.
- DAYS, P.R. *et al.* (ed.). 1993. Agricultural crop issues and policies. In managing global genetic resources. National Academy Press, Washington, D.C. 449 p.
- SHIRATA, K. 1994. Preservation of plant genetic resources. *Research Journal of Food and Agriculture* 17(4): 20-25.
- SUZUKI, S. 1994. Uso eficiente de información para el manejo de recursos genéticos. Sociedad Agronómica de Chile, 45 Jornada Agronómica. Noviembre 1994, Santiago.
- SUZUKI, S. y TOYAO, T. 1993. El Programa de Recursos Genéticos de Japón y su Cooperación con Chile. *Simiente* 63(1): 21-25.
- TURRENT, A. F. 1994. Recursos naturales y medio ambiente. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Chile, Primer Congreso Mundial de Profesionales de la Agronomía, Septiembre 1994, Santiago, Chile.
- VAVILOV, N.I. 1951. The origin, immunity and breeding of cultivated plants. *Chronica Botanica* 13. 364 p.