



AREA DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y RECURSOS NATURALES



**VALORIZACION ECONOMICA DE RECURSOS
FITOGENETICOS EN MESOAMERICA**

Miguel Rojas
Jorge Ardila

San José, Costa Rica
Setiembre, 2000



AREA DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y RECURSOS NATURALES



VALORIZACION ECONOMICA DE RECURSOS FITOGENETICOS EN MESOAMERICA

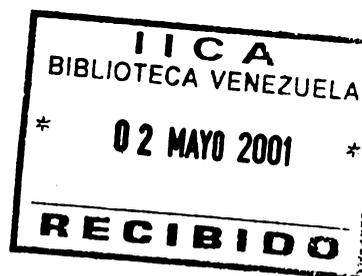
San José, Costa Rica

Setiembre, 2000



CONSORCIO TECNICO

AREA DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y RECURSOS NATURALES



**VALORIZACION ECONOMICA DE RECURSOS
ETNOGENETICOS EN MESOAMERICA**

**San José, Costa Rica
Setiembre, 2000**

100
C
4

00006833

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN EJECUTIVO..... | 1 |
| ALGUNOS DE LOS RETOS DE LA AGRICULTURA DE ALC..... | 1 |
| Los Limites a la Expansi3n de la Frontera Agr3cola..... | 2 |
| Los Crecimientos en la Producci3n apenas superan el crecimiento poblacional en ALC | 2 |
| IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS FITOGENETICOS Y DE LOS BANCOS DE GERMOPLASMA DE ALC EN EL CONTEXTO MUNDIAL..... | 4 |
| El Valor de la Diversidad Biol3gica en Plantas Cultivadas..... | 4 |
| Vulnerabilidad y Erosi3n Gen3ticas..... | 5 |
| Conservaci3n <i>in situ</i> , en la finca y <i>ex situ</i> (bancos de germoplasma)..... | 6 |
| BANCOS DE GERMOPLASMA. DESCRIPCION DE SU FUNCIONAMIENTO..... | 8 |
| LA VALORACION ECON3MICA DE RECURSOS FITOGENETICOS..... | 9 |
| Mediciones de la disposici3n a pagar..... | 10 |
| Disposici3n a pagar por diversidad en la finca..... | 11 |
| Medidas de valuaci3n contingente..... | 11 |
| Precios hed3nicos..... | 11 |
| Reducci3n de p3rdidas..... | 12 |
| Uso de datos experimentales para estimar el valor..... | 12 |
| LA SUBINVERSION EN CONSERVACION DE RECURSOS FITOGENETICOS..... | 13 |
| DOS EJEMPLOS DE VALORIZACION ECONOMICA DE RECURSOS FITOGENETICOS: EL DESARROLLO DE LA VARIEDAD COLOMBIA (CAF3) VALORIZACI3N DE RECURSOS GENETICOS EN FRIJOL EN COSTA RICA Y DE LA VARIEDAD DE PALMITO YURIMAGUAS, EN COSTA RICA..... | 13 |
| El desarrollo de la variedad Colombiana, a la enfermedad de la roya del cafeto..... | 13 |
| Inversi3n en recursos fitogen3ticos en un cultivo tropical promisorio: El desarrollo del palmito en Costa Rica y el caso de la variedad Yurimagas..... | 15 |
| IMPACTO DE LA CONVERSI3N DE DIVERSIDAD BIOL3GICA (CDB) Y EL ACUERDO SOBRE ASPECTOS DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL RELACIONADOS CON EL COMERCIO (TRIPS)..... | 18 |
| A MANERA DE CONCLUSI3N..... | 19 |
| REFERENCIAS..... | 20 |

Resumen Ejecutivo

El estudio tenía como objetivo central abrir la discusión sobre la valorización de los recursos fitogenéticos. En el contexto latinoamericano, ese aporte puede ser muy relevante, dadas las importantes demandas que las sociedades plantean a sus sistemas productivos agrícolas. En primer lugar, no se ha logrado erradicar (ni mucho menos) los problemas de desnutrición en las sociedades latinoamericanas. De otro lado, América Latina y el Caribe contiene una proporción importante de la biodiversidad global, y cuestionarse acerca de cómo valorarlo es algo que va más allá de un simple ejercicio intelectual, capaz de sustentar la elaboración de políticas sobre conservación y acceso a esos recursos.

En el trabajo se revisan aspectos técnicos que tienen que ver con la evolución de los diversos métodos para conservar recursos fitogenéticos. Asimismo, se analizan diversas metodologías para asignar valor económico a los recursos fitogenéticos. De estas metodologías, se seleccionaron dos para ilustrar el aporte (medible en recursos monetarios) de los recursos fitogenéticos. En primer lugar, un trabajo sobre el desarrollo de la variedad de café Colombia, que ilustra las posibilidades del método que asigna valor económico al germoplasma vegetal sobre la base de la reducción de uso de insumos. El trabajo aporta asimismo cálculos basados en ensayos experimentales en palmito de pejibaye para asignar valor al material genético conservado.

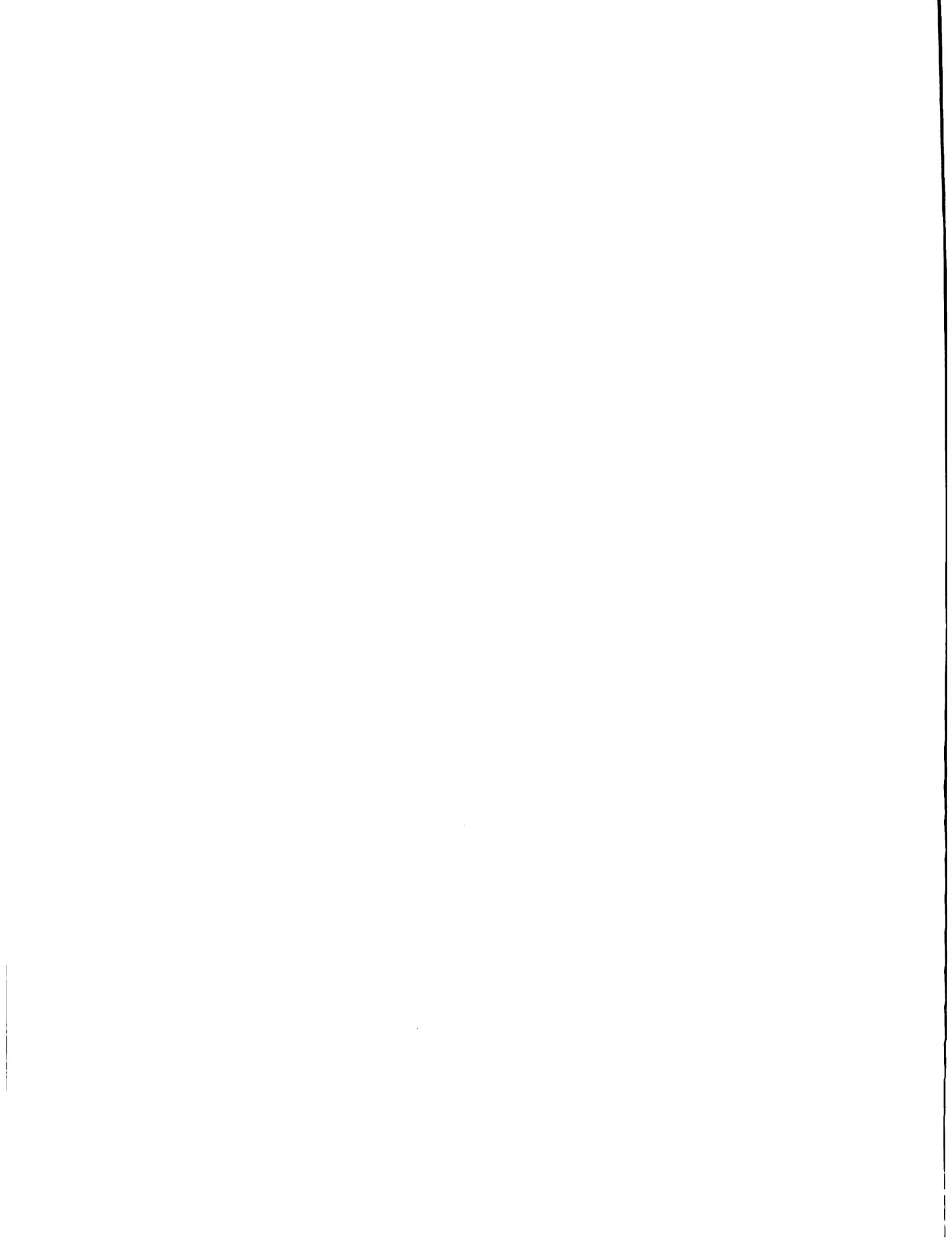
Se presentan, de manera muy concisa, los análisis llevados a cabo por el Prof. Robert Evenson sobre valoración de germoplasma en arroz. El método aplicado por el Prof. Evenson, denominado de los precios hedónicos ha demostrado ser de gran utilidad. En primer lugar, los análisis parten de la utilización efectiva por parte de los agricultores de material mejorado. Sin embargo, el método de los precios hedónicos requiere de volúmenes importantes de información socioeconómica, lo que dificulta, sino impide, su aplicación cuando existe tal carencia.

En este sentido, sería importante examinar la posibilidad de aplicar tal metodología al caso del café u otros cultivos de importancia actual o potencial en América Central. Es además importante analizar el posible impacto de los derechos de propiedad intelectual sobre la conservación de los recursos fitogenéticos, un tema que merece un análisis ulterior.

Algunos de los retos de la agricultura de ALC

Durante la primera mitad de la década de los noventa, el mundo ha visto una reducción en el número de personas desnutridas en cerca de 40 millones. Sin embargo, es aún inmenso el número de personas que sufren desnutrición. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO), que elaboró en 1999 un reporte sobre el tema, estima que pese a los esfuerzos de muchos actores involucrados en la lucha contra la pobreza, cerca de 790 millones de personas permanecen desnutridas en el mundo en desarrollo, cifra que asciende a cerca de 34 millones en los países ricos. La investigación de la FAO muestra que algunas áreas de América Latina y el Caribe no han tenido un buen desempeño en la reducción de la tasa de crecimiento de la población que sufre el flagelo del hambre. Venezuela, por ejemplo, ha visto multiplicarse por cuatro la proporción de sus ciudadanos que sufren desnutrición en los últimos 20 años. De hecho, dicha proporción supera actualmente en ese país suramericano a la que prevalece en China (The Economist 1999).

Si bien una mayor producción de alimentos no es una condición suficiente para la reducción de la desnutrición, puede constituir en cambio una condición necesaria, particularmente en el contexto de América Latina, donde en buena parte de países el aparato productivo se ve fuertemente condicionado por el desempeño de la agricultura, que aporta una proporción importante de los empleos, la producción y sobre todo, de las divisas.



La reactivación de la agricultura constituye, en este primer sentido, un reto para una proporción importante de los países de ALC, no sólo para la promoción de sus objetivos de crecimiento, sino para el logro de importantes metas sociales (como reducción de la desnutrición y de la pobreza), que después de la denominada "Cumbre de Copenhague", son monitoreadas por agencias internacionales para asegurar su cumplimiento.

Para que la reactivación de la agricultura latinoamericana tenga lugar, sin embargo, deberán superarse un conjunto importante de retos y tendencias desfavorables, con efectos sinérgicos, algunos de los cuales se presentan a continuación.

Los límites a la expansión de la frontera agrícola

Durante las últimas décadas, América Latina ha sustentado en buena parte el crecimiento de la producción del agro sobre la base de la expansión de la frontera agrícola. Por ejemplo, de acuerdo con un estudio de la FAO, en términos absolutos, ALC perdió más cobertura boscosa tropical que cualquier otra región del mundo durante la década de 1980-90, un total cercano a los 7.4 millones de hectáreas (World Resources Institute 1994).

Los recursos naturales y sus servicios son objeto de una creciente preocupación social por su conservación y uso sostenible. Ello obstaculizará el crecimiento centrado en la expansión de la tierra agrícola a costa de la cubierta boscosa y el deterioro de los suelos. De hecho, la adición de nuevas tierras a la producción agrícola es cada vez menor. En el periodo 1965-70 se incorporaron 26.1 millones de hectáreas a la producción en ALC. Para 1990-94 dicha cifra fue de apenas 7.2 millones de hectáreas (Ardila 1999).

Es posible argumentar que todavía se pueden incorporar áreas importantes a la producción, si se logra combatir adecuadamente limitaciones relacionadas con estrés abiótico (sequía, alta salinidad de suelos) por medio del mejoramiento genético. Esta estrategia implicaría, sin embargo, más recursos para la investigación, en momentos en que, precisamente, ALC como un todo se caracteriza por la tendencia contraria.

Los crecimientos en la producción apenas superan el crecimiento poblacional en ALC

Durante el periodo 1965-95, las estadísticas disponibles muestran que se produjo prácticamente un equilibrio entre el crecimiento de la producción de alimentos básicos en ALC y el de la población (Ardila 1999). Este cuadro global para la región muestra importantes diferencias en términos de cada cultivo. En términos per cápita la producción de sorgo, algodón, yuca, trigo, café, arroz y frijol, ha mostrado tasas anuales de variación negativas. Otros productos, como leche, azúcar, hortalizas, frutas, carne, maíz, soya y girasol muestran tasas de crecimiento en la producción per cápita positivas (Ardila 1997).

A partir de la década de los 80 se inicia el dismantelamiento, en la mayor parte de ALC, del sesgo antiagrícola que caracterizó a la región desde la posguerra. Algunos analistas sin embargo, sugieren que dicha reducción del sesgo antiagrícola (centrado sobre todo en el abatimiento de los altos aranceles que protegían al sector industrial) fue acompañada de decrecimientos pronunciados en el gasto en investigación pública agrícola, y en el crédito, que le impidieron al aparato productivo agrícola tomar ventaja de un ambiente macroeconómico más favorable. Aún así, es preciso reconocer que hacia mediados de la década del noventa se inicia un proceso de reactivación de la agricultura, aunque sea todavía incipiente y no se pueda asegurar por anticipado su sostenimiento en el tiempo.

Los índices de producción de alimentos per cápita elaborados por la FAO y por la CEPAL muestran que, sobre la base del trienio 1989-91, es posible constatar que durante el periodo 1985-1993 se produce prácticamente un estancamiento de la producción per cápita de alimentos en ALC. En contraposición, entre 1994 y 1998, este índice se incrementa de 103.4 a cerca de 110, según sea la fuente utilizada (Ver Tabla 1).

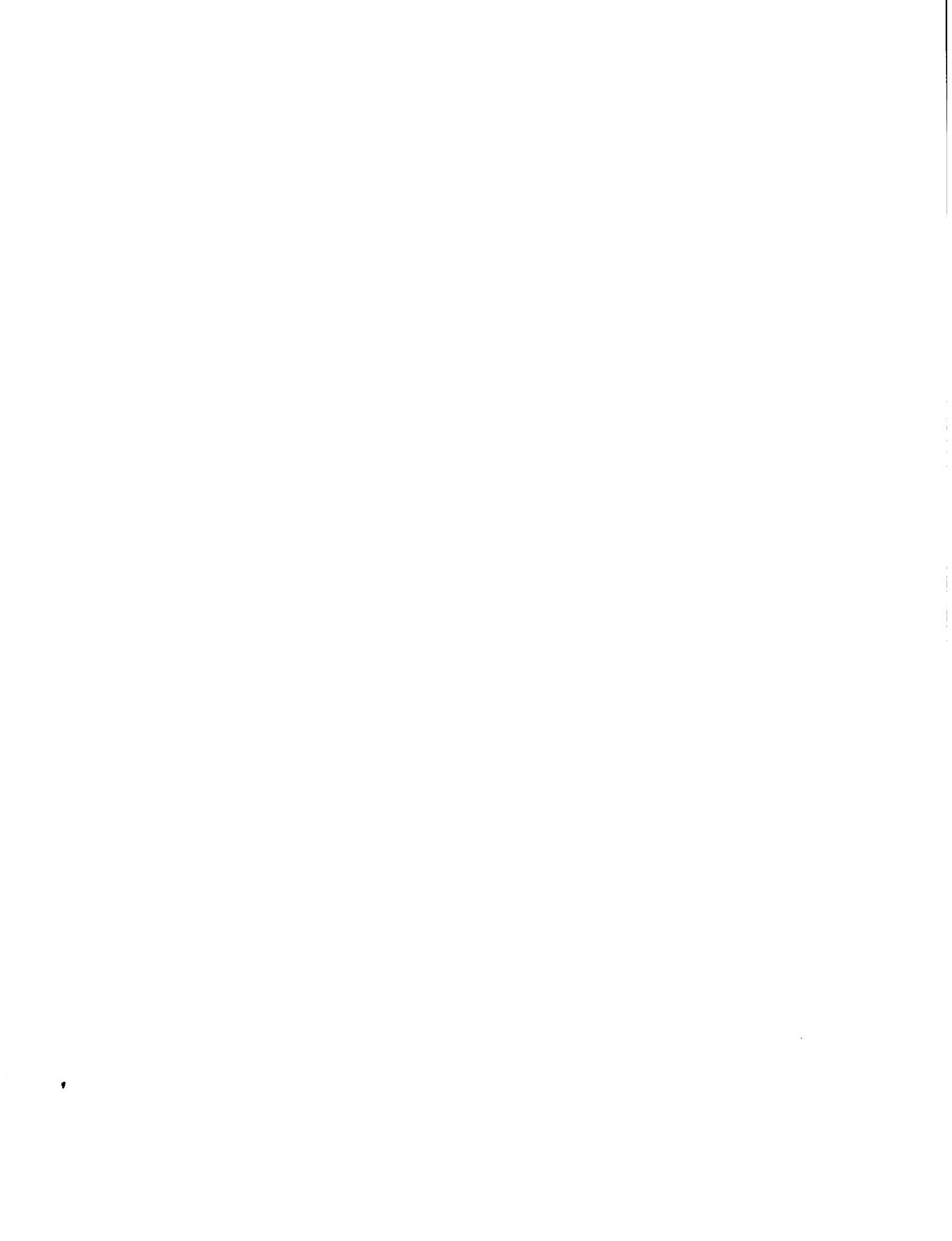


Tabla 1. Evolución del índice de producción per cápita de alimentos en ALC1/.

| | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 |
|--------------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FAO | 99.0 | 97.6 | 98.7 | 100.2 | 99.4 | 99.9 | 100.8 | 100.7 | 100.0 | 103.4 | 106.8 | 107.3 | 110.1 | 111.3 |
| CEPAL | 99,4 | n.d. | n.d. | n.d. | 99,9 | 99,5 | 100,6 | 100,6 | 100 | 103,3 | 106,6 | 107,2 | 106,7 | n.d. |

Fuente: Website de FAO: www.fao.org y CEPAL (1998)

1/ Base: 1989-91:100

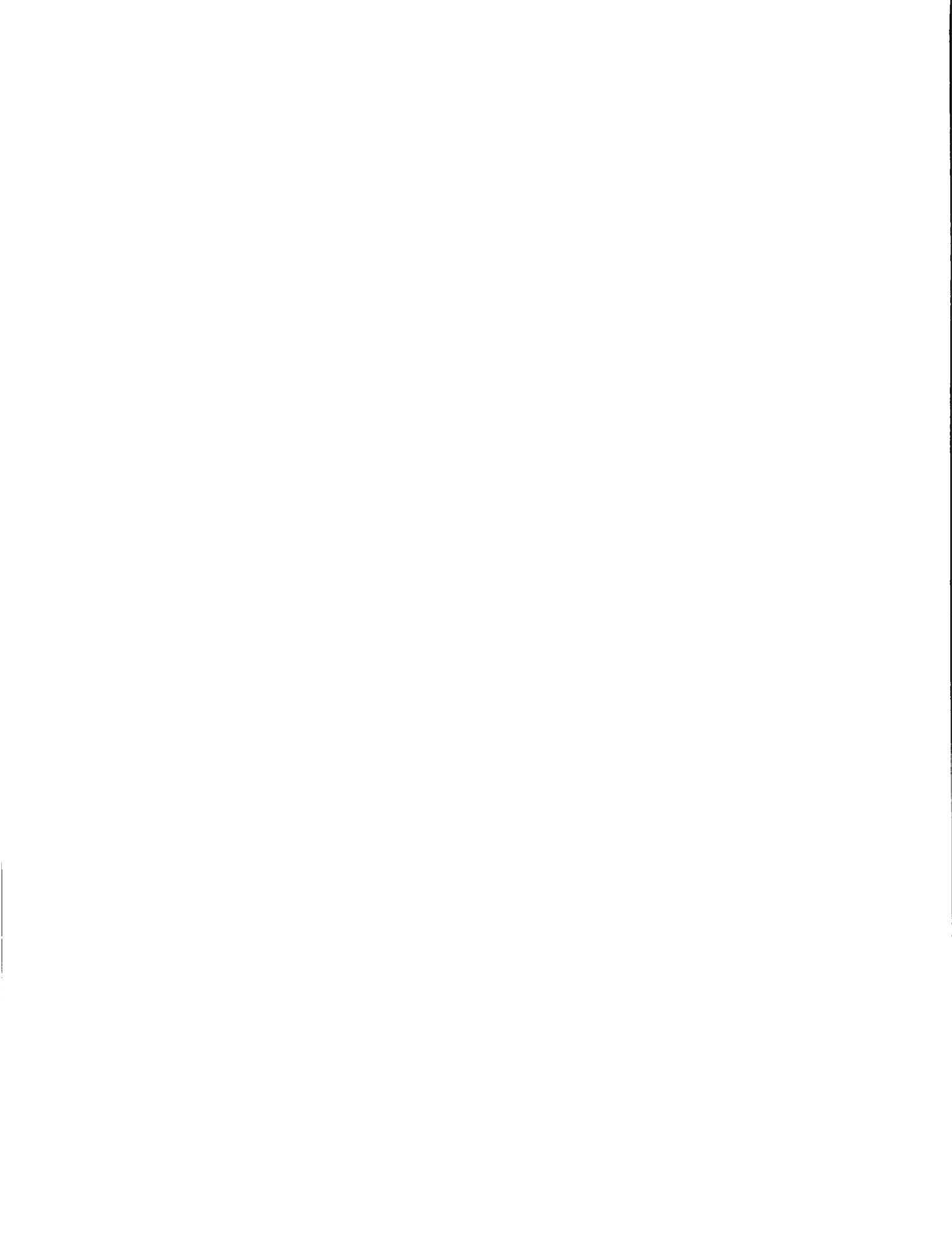
Por otra parte, deben subrayarse los cambios que han tenido lugar en relación con la composición de la producción agrícola. Los estudios disponibles muestran que entre 1975 y 1997 ALC ha empezado a dedicar más tierra cultivable a la producción de soya, girasol, frutas, café, caña de azúcar y frijol; y ha reducido la dedicada a algodón, cereales y amiláceos. El área utilizada dedicada a la producción de cereales permanece estancada. En suma, ALC ha limitado la producción de cereales y otros alimentos básicos y ha expandido la de frutas y otros productos, como lácteos (Ardila 1999).

Los estudios disponibles muestran que durante las últimas décadas han tenido lugar importantes procesos de cambio tecnológico en el agro latinoamericano (Ardila, s. f.). La experiencia ha sido diferencial y se pueden formular tres diferentes modelos, según sea la interacción entre producción total y rendimientos por hectárea. Un primer modelo está constituido fundamentalmente por alimentos básicos. Se trata de los casos de arroz, frijol, maíz, papa, yuca y trigo, en los que el crecimiento de la producción ha tenido lugar como consecuencia, básicamente, de mayores rendimientos. En la mayor parte de los casos, la superficie ha crecido muy moderadamente (maíz, papa, yuca) y en otros ha decrecido (arroz, frijol, trigo, sorgo). Los cambios en los rendimientos no siempre han logrado hacer crecer el volumen de producción total de estos cultivos: en efecto, diferencias en los rendimientos con los países líderes a nivel global y la apertura de las economías contribuyeron al decrecimiento, del área cultivable dedicada a arroz, frijol, trigo y sorgo. Los mayores rendimientos reflejan, al menos en parte, la presencia en la región de importantes centros de investigación agrícola internacional, en su mayor parte adscritos al Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (GCIAD).

Se distingue un segundo grupo de cultivos, entre los que se encuentran la mayoría de los frutales, en especial mango, piña, papaya, melón, banano, aguacate y cítricos, así como caña de azúcar y algodón, dos cultivos "industriales", y espárragos. En este caso, se han dado crecimientos del volumen de producción basados en la expansión del área cultivada, más que en los rendimientos. Si bien la región de ALC disfruta de ventajas competitivas naturales (clima, acceso a diversidad biológica en algunos de los cultivos, etc.) la menor fortaleza relativa de la investigación en este tipo de cultivos puede erosionar en el futuro su capacidad competitiva.

Un tercer grupo, constituido fundamentalmente por algunos cultivos pertenecientes al grupo de hortalizas (en especial ajo, zanahoria, lechuga y coles o crucíferas) y soya y girasol, presentan un cuadro de crecimiento de la producción, basado en una combinación de efectos provenientes de mayores rendimientos y mayor área cultivada.

El trabajo de Ardila llega a la conclusión de que, en términos generales puede decirse que la región afronta un perfil tecnológico bastante débil, ya que únicamente en 5 de los 25 cultivos analizados se presenta un grado de desarrollo tecnológico importante. Adicionalmente, en aquellos rubros en los que son más evidentes las oportunidades comerciales y las ventajas comparativas (no competitivas), el desarrollo tecnológico ha sido mínimo. No se advierten, además, esfuerzos para revitalizar las inversiones en investigación en estos campos promisorios y con mercados crecientes, como frutales tropicales y palmáceas. La investigación apunta asimismo que en los últimos 12 años (que coinciden precisamente con una merma sustancial en los recursos



para investigación pública en la región), se presenta un buen número de casos en los cuales los rendimientos de los países son hoy menores que hace 10 ó 15 años.

Al tiempo que la investigación se concentra en las ramas menos dinámicas desde el punto de vista del comercio exterior, se produce una reducción en los volúmenes totales de financiamiento de la misma. De acuerdo con Alston *et al.* (Citado por Ardila 1997), los gastos en investigación pública agrícola en ALC se redujeron entre 1981 y 1991 de US \$ 1 008 millones en el primer año a US \$ 951, (en dólares de 1985) una década después. Ello implica una tasa de crecimiento anual negativa de 1.1 por ciento y condujo a que ALC redujera su participación en la inversión global en investigación, de un 8.96 por ciento en 1981 a 6.35 por ciento en 1991. Después de 1.991, en numerosos países de la región se ha acentuado la disminución de recursos para Investigación.

Importancia de los recursos fitogenéticos y de los bancos de germoplasma de ALC en el contexto mundial

Frente a la magnitud y diversidad de los retos que enfrentan las agriculturas de ALC, se alza la utilización de los recursos fitogenéticos de la región como una variable estratégica que, en conjunción con una mayor inversión en investigación y medidas de carácter socioeconómico podría contribuir a la dinamización del sector agrícola latinoamericano.

Los recursos fitogenéticos, abundantes en la región latinoamericana poseen un gran valor estratégico, ya que pueden contribuir sustancialmente a mejorar la calidad de los alimentos, aumentar los rendimientos y reducir el uso de insumos externos a las fincas, por medio de materiales más resistentes a plagas y enfermedades.

En ALC se encuentran 4 de los 12 centros de origen identificados por el científico soviético N. Vavilov y conocidos actualmente como centros Vavilov. En la región se encuentra el origen (y por consiguiente importante diversidad biológica) en cultivos de importancia económica, tales como aguacate, frijol, cacao, papaya, tabaco, tomate, maíz, papa y muchos otros (Juma 1989). Además de ello, en ALC se encuentra una proporción importante de la biodiversidad de la tierra, ya que los bosques tropicales densos, aunque cubren sólo el 7 por ciento de la superficie del globo, se estima que contienen un 90 por ciento de su biodiversidad. Dicho tipo de bosques cubre el 56 por ciento del territorio americano (Alarcón *et al.* 1998). Los parientes silvestres de las variedades aportan asimismo importante diversidad biológica, que puede ser clave para la solución de los problemas que enfrentan los mejoradores. Por mencionar sólo unos pocos ejemplos al respecto, se ha logrado introducir resistencia a cierto tipo de nemátodos en papa, a partir de una pariente silvestre, *Solanum demissum*. En Africa e India se han incrementado los rendimientos en yuca hasta 18 veces por medio de resistencia a enfermedades contenida en información genética aportada por parientes silvestres de la yuca provenientes de Brasil (FAO 1996).

A la riqueza en especies cultivadas presentes en ALC se deben agregar por tanto otras que evolucionaron sin el concurso del hombre. Tal es el caso de las especies de los géneros *Vicia*, *Hordeum* y *Elymus*, cercanas al haba, cebada y trigo, respectivamente, que se encuentran en la zona semidesértica de la Patagonia chileno-argentina. Igualmente en las zonas áridas y semiáridas se encuentran especies que producen compuestos secundarios, cuyas moléculas básicas o compuestas se pueden utilizar para la producción de combustibles y de fungicidas e insecticidas orgánicos (Alarcón *et al.* 1998).

El valor de la diversidad biológica en plantas cultivadas

Constituye una verdadera paradoja, como lo apuntan Alarcón *et al.* (1998) que América Latina, que posee gran cantidad de zonas con una rica diversidad genética, sustente un poco más de la mitad de su dieta en apenas siete cultivos: papa, maíz, arroz, trigo, yuca, plátano y frijol. Ciertamente, esta concentración de la dieta en unos pocos productos, en una parte del mundo que es el origen de un amplio número de especies, habla por sí misma de la necesidad de profundizar la investigación que permita ampliar la producción y el consumo de especies autóctonas, algunas de ellas con potencial de exportación.

La concentración de la dieta en unos pocos cultivos no es, por otra parte, una característica exclusivamente latinoamericana. Se estima que en el mundo existen entre 300.000 y 500.000 especies de plantas superiores. De ellas se han descrito o estudiado cerca de 250.000. Cerca de 30.000 son comestibles y aproximadamente 7000 han sido cultivadas o recolectadas para consumo humano en algún momento. Varios miles de especies pueden contribuir, por tanto, a la seguridad alimentaria. No obstante, como a menudo se indica, sólo 30 cultivos "alimentan el mundo". Estos cultivos aportan el 95 por ciento de las calorías y proteínas contenidas en la dieta global. Consecuentemente, estos cultivos han absorbido la mayor parte de los recursos necesarios para su conservación y mejoramiento (FAO 1996).

Sin embargo, para propósitos de la agricultura, más que la diversidad entre especies, es importante la diversidad intra especie, dado que el mejoramiento se basa en características deseables de las diversas variedades de una misma planta. Ello es todavía así, si bien el desarrollo de las nuevas agrobiotecnologías podría aportar nuevas herramientas que potencialmente darían mayor autonomía a los mejoradores, para utilizar información genética proveniente de otros géneros, incluso del reino animal.

Si bien el número de plantas que aportan la mayor parte de la dieta global es relativamente pequeño, la diversidad dentro de tales especies es a menudo inmensa. Por mencionar un ejemplo, la especie de arroz *Oryza sativa* se estima que agrupa 100 000 variedades. La comunidad *Arguarana Jivaro* en la Amazonia de Perú conserva 61 cultivares distintos de yuca. Algunas pequeñas comunidades en los Andes cultivan 178 variedades con nombres locales (FAO 1996).

Esta diversidad inició su dispersión desde el Neolítico, al punto de que los especialistas hablan de centros secundarios de diversidad. La cebada, por ejemplo, originaria del Medio Oriente, desarrolló importantes cualidades en Etiopía, después que fue introducida allí hace cerca de 5000 años (FAO 1996).

Toda esta diversidad tiene un importante valor para consumidores y productores. En primer lugar, la diversidad biológica tiene un valor *per se*. Al igual que es el caso de lugares que las personas nunca visitarán, éstas desean saber que esa diversidad existe, independientemente de cualquier otra consideración.

Aparte de este valor *per se*, la diversidad genética, inter e intra especies, puede ser valorada desde otras perspectivas más prácticas. Los investigadores han identificado tres valores: valor de portafolio, valor de opción y valor de exploración, relacionados con las funciones de la variabilidad genética,

La diversidad genética ayuda a proveer estabilidad (valor de portafolio) a los sistemas de producción a niveles local, nacional y global, por medio del suavizamiento de las variaciones en rendimiento, por medio del mantenimiento de un amplio rango, o portafolio, de diversidad entre cultivos e intra cultivos. Las pérdidas debidas a fallas en un cultivo en particular son compensadas por el rendimiento de otras variedades o cultivos. La diversidad genética provee aseguramiento (valor de opción) contra futuras condiciones adversas, en la medida en que las necesidades cambian constantemente y debido a que los recursos fitogenéticos pueden proveer características útiles, tales como resistencia a nuevas enfermedades o cambios climáticos. Finalmente, la diversidad genética representa un "arca del tesoro" de recursos potenciales, pero todavía desconocidos (valor de exploración) (FAO 1996).

Vulnerabilidad y erosión genéticas

La vulnerabilidad genética es la condición resultante de que un cultivo muy extendido sea uniformemente susceptible a una plaga, patógeno o riesgo ambiental, como resultado de su constitución genética, creando por tanto potencial para amplias pérdidas en las cosechas.

En la evaluación del grado de vulnerabilidad entran en juego la proporción del área dedicada a cada cultivar y el grado de uniformidad entre los cultivares (FAO 1996). Si bien la evaluación del grado de vulnerabilidad genética es difícil (incluso por razones legales, como podría ser la imposibilidad de conocer el pedigree de los materiales en algunos países), la información disponible muestra que las variedades más utilizadas son muy uniformes genéticamente. En Holanda, por ejemplo, las tres variedades más importantes de nueve cultivos cubrían del 81 al 99 por ciento de las respectivas áreas plantadas. Dos tercios de los campos cultivados con trigo en Bangladesh lo eran con una sola variedad, en 1983 (FAO 1996).

La erosión genética puede ser definida como la pérdida de diversidad incluida la pérdida de genes individuales, de combinaciones particulares de genes (esto es “complejos de genes”), tal como la que se manifiesta en la pérdida de variedades criollas (*landraces*). El término “erosión genética” es a veces usado en un contexto más amplio para comprender también la pérdida de variedades (FAO 1996).

Muchos fenómenos pueden causar erosión genética. Guerras prolongadas, que obligan a los campesinos a abandonar las tierras y los cultivos, pueden producir pérdidas considerables en diversidad genética. Sin embargo, se atribuye el origen de la erosión en buena medida al reemplazo de variedades locales por variedades o especies mejoradas o exóticas (FAO 1996; Plucknett *et al.* 1987). El mejoramiento genético moderno, que se inició en la década de 1920 ha logrado expandir los rendimientos, aunque al costo de reducir la base genética que sustenta la dieta mundial. Aparte de ese elemento, se pueden citar las siguientes causas: tendencias de la agricultura moderna al monocultivo, expansión de los asentamientos humanos, tala, sobrepastoreo, y la extinción de culturas tradicionales y su acervo y conocimiento de variedades criollas.

Es importante anotar que el desgaste de las especies y variedades es un proceso evolucionario normal. Los agricultores empezaron a abandonar variedades tradicionales mucho antes del arribo del mejoramiento moderno. En la Europa medieval, por ejemplo, se cultivaban zanahorias con pulpas de color púrpura, amarillo, blanco y naranja, que fue finalmente el color que predominó. Sin embargo, la tendencia hacia una agricultura más uniforme genéticamente ha sido especialmente pronunciada a partir de 1940, esto es, con el advenimiento de lo que podemos denominar la “agricultura moderna” (Plucknett *et al.* 1987).

No todos los investigadores coinciden en la relevancia de la erosión genética, al menos como peligro para el desarrollo de la agricultura. Evenson (1993), por ejemplo, afirma que las cifras disponibles sobre extinción de plantas superiores en América del Norte reflejan que ésta ha sido limitada. En su opinión, se ha documentado la pérdida, a lo largo de milenios de agricultura, de cerca de un 1 por ciento de las plantas superiores existentes, que se estiman en 20 000. Además, la biodiversidad más importante para quienes están involucrados en agricultura se refiere más bien a la diversidad intra especie, que inter especies. Pero no se debe minimizar el potencial impacto de la pérdida de especies, especialmente a la luz de las potencialidades que ofrece la ingeniería genética,

Conservación *in situ*, en la finca y *ex situ* (bancos de germoplasma)

La Humanidad ha buscado preservar la diversidad biológica desde tiempos inmemoriales. Por medio de decretos que datan del siglo XII antes de Cristo, se codificaba la conservación de recursos genéticos (plantas y animales) en China e India. Hasta el advenimiento de los modernos bancos de germoplasma, cuyo desarrollo fue fuertemente influido por los trabajos de Vavilov, los recursos fitogenéticos se mantenían en los ecosistemas silvestres o en las parcelas de los agricultores, así como en jardines botánicos, que incluían no sólo variedades agrícolas, sino también plantas ornamentales (Plucknett *et al.* 1987).

La conservación de recursos *in situ*, es decir, en su hábitat natural, la conservación en finca y en bancos de germoplasma son crecientemente visualizadas por agencias internacionales de cooperación, como estrategias complementarias (FAO 1996). La FAO propone la elaboración de un inventario nacional completo de los recursos fitogenéticos de plantas cultivadas en cada país, de sus parientes silvestres, ecosistemas y conocimiento tradicional asociado con esos recursos. Existen importantes experiencias con políticas públicas tendientes a promover la conservación de los recursos fitogenéticos por parte de los agricultores, una tarea que los agricultores del mundo han realizado, en todo caso, durante milenios.

Por otra parte, las áreas protegidas ascienden a 9 800 en el mundo y cubren aproximadamente 926 millones de ha. Además, el IV Congreso Mundial sobre Parques Nacionales y Áreas Protegidas, que se celebró en Caracas en 1992, pidió a los gobiernos “asegurar, por medio de cooperación internacional que las áreas protegidas cubran por lo menos 10 por ciento de cada bioma representativa para el año 2000” (FAO 1996). Pese a la incuestionable importancia de asegurar la conservación de los recursos fitogenéticos, particularmente en el contexto latinoamericano por medio de un conjunto de estrategias, el presente trabajo pone énfasis en la operación y análisis de rentabilidad de las colecciones bancos de germoplasma, que son responsables del mantenimiento de 6 millones de accesiones (FAO 1996).

La conservación genética moderna *ex situ* es un desarrollo bastante reciente, que se basa en los trabajos pioneros de Alphonse de Candolle y del ya citado Nicolai Vavilov (Plucknett, *op. cit.*). Estas colecciones eran primordialmente para el uso de científicos y mejoradores. Estos bancos se han beneficiado de la existencia de tecnologías como la refrigeración y otras. Hoy se puede hablar de diversos tipos de conservación de germoplasma: bancos de semillas, colecciones en el campo e *in vitro*. A ellas deben sumarse otras formas de conservar los recursos genéticos, tales como la criopreservación y el almacenamiento de polen (FAO 1996).

Las especies con semillas ortodoxas (esto es, que se pueden almacenar por largos períodos, en condiciones predeterminadas, como un bajo grado de humedad) son almacenadas en bancos de semillas, mientras que los otros métodos se emplean en el caso de los cultivos con semillas recalcitrantes (que no se pueden almacenar por largos períodos) y los que se propagan vegetativamente.

Se estima que se encuentran almacenadas cerca de 5.5 millones de accesiones en los bancos de germoplasma a nivel mundial. De estas accesiones menos de 37 600 se conservan *in vitro*. El almacenamiento de semillas es la forma predominante de conservación, absorbiendo cerca del 90 por ciento de las accesiones *ex situ*

ALC, pese a contener una proporción importante de la diversidad biológica de interés para la agricultura, no logra absorber sino un 12 por ciento del total mundial de las accesiones en bancos de germoplasma. Como se puede ver en la Tabla 2, Europa absorbe poco más de un tercio de esas accesiones.

Tabla 2. Bancos de germoplasma y accesiones en colecciones *ex situ*, por región.

| Región | Accesiones | | Bancos de germoplasma | |
|-------------------------|------------------|------------|-----------------------|------------|
| | Número | % | Número | % |
| Africa | 353 523 | 6 | 124 | 10 |
| ALC | 642405 | 12 | 227 | 17 |
| América del Norte | 762 061 | 14 | 101 | 8 |
| Asia | 1 533 979 | 28 | 293 | 22 |
| Europa | 1 934 574 | 35 | 496 | 38 |
| Cercano Oriente | 327 963 | 6 | 67 | 5 |
| Total | 5 554 505 | 100 | 1308 | 100 |
| Total del GCGIAI | 593 191 | | 12 | |

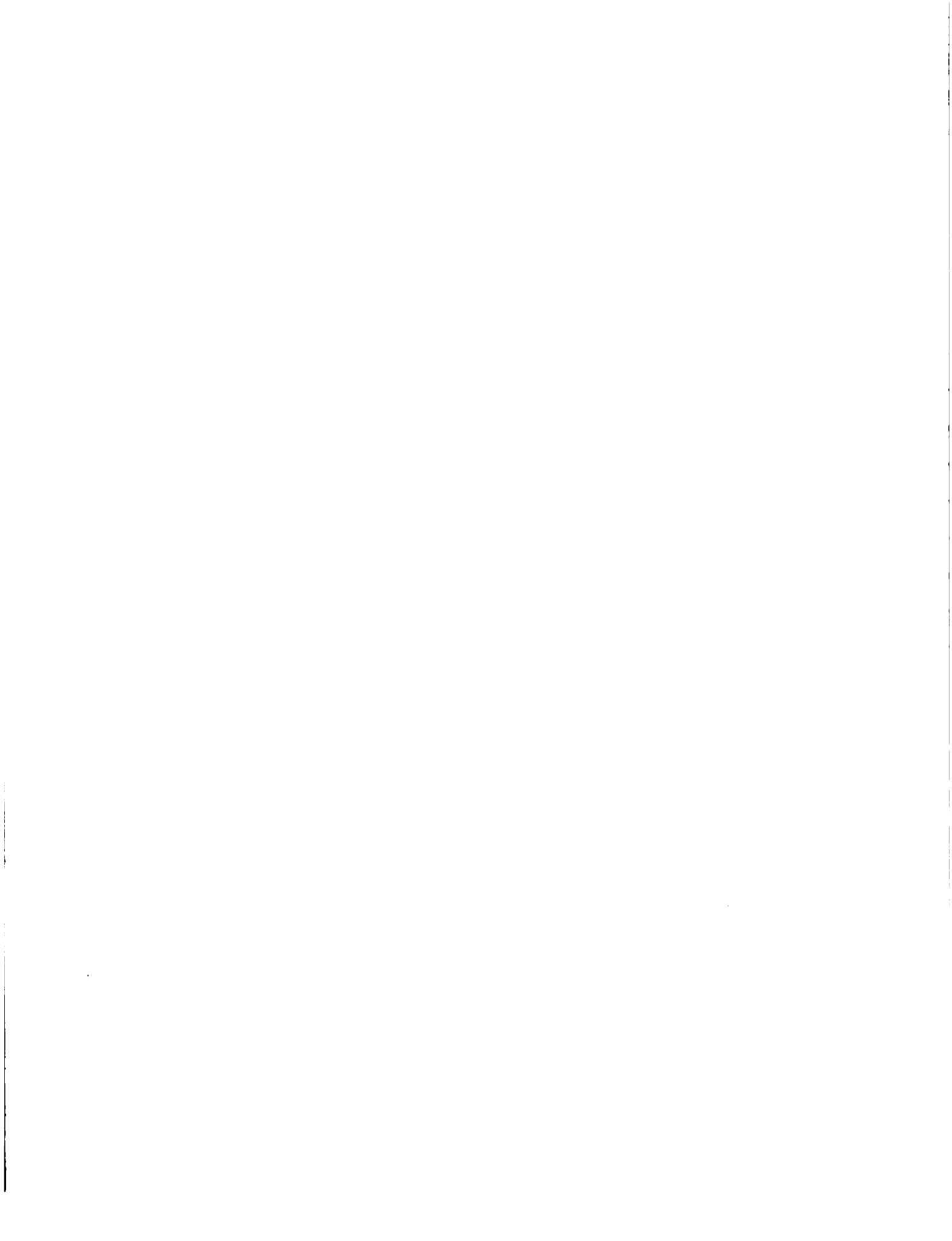
Fuente: FAO 1996: 65.

Durante las décadas de los 60 y 70 creció considerablemente el número de bancos de germoplasma. En 1996 se reportaba la existencia de 75 países que contaban con instalaciones adecuadas para almacenamiento a mediano y largo plazo. Sin embargo, muchos países reportan asimismo problemas con el mantenimiento de equipo, carencia de instalaciones para secado de semillas y suministro inapropiado de corriente eléctrica.

Cerca de 40 por ciento de todas las variedades presentes en los bancos de germoplasma son cereales, seguidas en orden de importancia por las leguminosas para alimentación, con cerca de 15 por ciento. Los vegetales, raíces y tubérculos, frutas y forrajes absorben cada uno menos del 10 por ciento de las colecciones (FAO 1996).

Las prioridades de conservación reflejan a nivel global la concentración de la producción y el mejoramiento en relativamente pocos cultivos. Muchos de los cultivos que reciben poca atención, pueden ser de gran importancia para algunas comunidades y además, particularmente adaptables a condiciones marginales, como áreas con pendientes elevadas, regiones áridas o alta salinidad.

Cultivos como el chayote (*Sechium edule*), el ulluco (*Ullucus tuberosus*) y la oca (*Oxalis tuberosa*) han mostrado a través de los tiempos sus propiedades nutricionales y medicinales, en diversas partes de América Latina, pese a lo que no han recibido alta prioridad en las agendas de investigación, a nivel regional y global. Esto se refleja asimismo en la inversión en conservación.



La información disponible sobre colecciones de germoplasma de instituciones individuales muestra una concentración importante en cereales. Castillo *et al.* (1991) reportan que cerca del 34% de las accesiones que se encontraban en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) eran de cereales. La proporción de accesiones que correspondían a cereales era cercana al 31 por ciento en el caso de FONAIAP (Venezuela). Castillo no aporta cifras a nivel consolidado para ALC, pero es de suponer que esta tendencia se repita en otros países.

Bancos de germoplasma Descripción de su funcionamiento¹

Si bien los esfuerzos para conservar la biodiversidad biológica son antiguos, no es sino en la década del 40 que aparecen en Estados Unidos centros con capacidad para almacenar germoplasma en condiciones de asegurar su viabilidad en el mediano plazo, esto es con capacidad de mantener colecciones vivas y semillas en cámaras frías. Un factor importante en la decisión de incluir capacidades para almacenamiento en frío fue que sólo entre 5 y 10 por ciento de las 160 mil accesiones de plantas, registradas desde 1898 se encontraban todavía en las colecciones vivas, en los años cuarenta.

En general, los bancos de germoplasma siguen un conjunto de procedimientos para su operación. En primer lugar, cuando se recoge una accesión se deja una copia en el país de origen, o, en caso de que no existan las facilidades para ello, el material se conserva en otro lugar, hasta que pueda ser enviado al país de origen.

Los bancos de germoplasma no son museos que conservan reliquias del pasado. Son depósitos para uso de mejoradores de cultivos y otros trabajadores relacionados con la agricultura. De tal manera, la información acerca de su acervo de plantas o semillas debe ser fácil de obtener. La primera tarea, por tanto, es enlistar las características de las plantas en el campo, describir su ambiente y su localización. La información de campo consistente en el nombre local, fecha y datos del sitio donde se colectó son normalmente denominados como "datos de pasaporte". Antes de recibir tratamiento para el almacenamiento, la accesión recibe un número.

Existen disputas en torno al número de semillas suficiente para preservar la variabilidad del germoplasma. Si bien algunos autores sostienen que 100 semillas son suficientes para cubrir el 99.5 por ciento de la varianza genética de una población, otros estiman el número necesario en 2500. Para no correr riesgos, la mayor parte de accesiones contienen varios miles de semillas. Además, algunos centros del GCIAI, como el CIMMYT, mantienen un alto número de semillas (que a veces se encuentra entre 20 y 32 mil), con el fin de facilitar la caracterización, la evaluación y el uso por parte de los mejoradores.

Para controlar insectos antes de proceder al almacenamiento de corto plazo se fumigan las accesiones. Para el almacenamiento de largo plazo, las semillas no reciben tratamiento, debido a que los insectos no pueden sobrevivir a temperaturas tan bajas como - 20 grados centígrados.

Una vez que el germoplasma destinado a ser almacenado ha sido catalogado y multiplicado, debe ser prontamente caracterizado y evaluado, ya que un banco de germoplasma es un insumo crucial para el trabajo de los fitomejoradores. El material debe ser analizado en relación con el rendimiento y otros rasgos de su relación con plagas y enfermedades y plaguicidas. Adicionalmente a la evaluación de las accesiones en los invernaderos y en el campo, a veces es necesario analizar el material en laboratorio, para determinar características como valor nutricional, culinario y otras. En general, los mejoradores utilizan sus líneas promisorias para sus propósitos y recurren a los bancos de germoplasma sólo cuando no cuentan con la característica o rasgo que necesitan. Es importante recalcar, por otra parte, que es posible que el material superior que se encuentra en los bancos de germoplasma sea liberado para su uso por parte de los agricultores sin que prácticamente se haya realizado mejoramiento alguno en él. Por ejemplo, accesiones élite de frijoles colectadas en seis países y conservadas en el CIAT han sido liberadas directamente en cerca de nueve países de América Latina.

¹ Este apartado se basa enteramente en Plucknett *et al.* 1987.

Se usan listas de descriptores para registrar los resultados de experimentos y los datos del pasaporte. IPGRI publica regularmente tales listas de descriptores. Esta información puede ser almacenada en sistemas computarizados, para facilitar la búsqueda de accesiones que cumplan con rasgos deseables para los mejoradores.

El germoplasma de cultivos propagados por medio de semillas es almacenado en tres tipos de colecciones: de corto, mediano y largo plazo. En las colecciones de corto plazo, las semillas se mantienen a temperatura ambiente, o en habitaciones con aire acondicionado, si el clima es caliente y húmedo. Los materiales en este tipo de colecciones son de interés en el momento para los mejoradores y se usan al menos una vez al año.

La clave para el almacenamiento de las semillas consiste en secarlas y mantenerlas a bajas temperaturas. Una vez que se ha reducido el contenido de humedad, se espera que la vida de las semillas se doble cada vez que se reduce la temperatura entre 50 y cero grados centígrados.

En el almacenamiento de mediano plazo, que se utiliza para el material que es de interés potencial para los mejoradores, las semillas se mantienen cerca del punto de congelación en botellas de aluminio o plástico o envueltas en papel aluminio. La mayor parte de los bancos de germoplasma están diseñados para almacenamiento de corto y largo plazo, debido a que son prácticos para los propósitos de los mejoradores y a que los costos de electricidad son menores que en las colecciones de largo plazo.

En este último caso, se secan las semillas y se sellan en botellas y se almacenan en lugares donde se mantiene una temperatura de entre -10 y -20 grados centígrados. En estas condiciones las semillas pueden mantener su viabilidad hasta por un siglo.

Las muestras que se mantienen en almacenamiento de largo plazo son denominadas a menudo "colecciones de base" y se utilizan fundamentalmente para seguridad del material que se encuentra en el banco y no para distribución o intercambio rutinarios.

En el caso de material genético de raíces se mantiene en colecciones en el campo, o *in vitro*. Este último método ahorra considerable espacio; la colección de yuca de CIAT (3.700 accesiones) ocupa 8 hectáreas. El banco genético en cultivo de tejidos para yuca construido por ese centro internacional puede contener hasta 6.000 accesiones, en un espacio de 7 metros de largo, 6 de ancho y 2 y medio de alto.

Las colecciones de cultivo de tejidos son temporales. Más aún, debido a que algunos cultivos exhiben inestabilidad genética debido al cultivo de tejidos, se han buscado métodos más seguros y para almacenamiento de más largo plazo. Tal es el caso de la criopreservación, que consiste en mantener cultivos de tejidos en nitrógeno líquido a -196 grados centígrados. Al nivel extremadamente frío de la temperatura del nitrógeno líquido, la animación y el cambio genético deben suspenderse.

Las plantas con semillas recalcitrantes presentan un problema particular. Se trata de cultivos cuyas semillas no se puedan secar o mantener a baja temperatura y, por tanto, presentan problemas especiales para el almacenamiento de su germoplasma. Entre las especies que presentan esta característica se cuentan: caucho, cacao, palmáceas, numerosas especies forestales del trópico y muchas frutas tropicales. Este tipo de material genético puede mantenerse en colecciones de campo o, de llegar a perfeccionarse técnicas de criopreservación y métodos de cultivo en tejidos, los bancos de germoplasma *in vitro* podrán tener un importante papel en el futuro. Las especies silvestres pueden ser conservadas en reservas *ex situ*.

La valoración Económica de Recursos Fitogenéticos

El mundo invertía cerca de US \$ 55 millones en 1982, en esfuerzos relacionados con la conservación de recursos fitogenéticos. Una suma relativa modesta, si se considera el valor de la producción agrícola mundial que, en alguna medida, depende para su sostenimiento de esos recursos (Plucknett *et al.* 1987). Dicha cifra equivalía, a mediados de los años ochenta según estos autores, al valor de un avión Boeing 727 de dos motores, comparación que puede resultar sorprendente, pero no particularmente aclaratoria de los aspectos técnicos y económicos involucrados en la decisión de invertir en recursos fitogenéticos.

Anualmente se invierte en el mundo cerca de US \$ 1.25 millones en conservación de germoplasma de arroz, una suma pequeña si se considera que ese cereal es el principal alimento para cerca de la mitad de la humanidad. El presupuesto del sistema de nacional encargado de la conservación de los recursos fitogenéticos en los Estados Unidos era en 1985 de US \$ 13.9 millones, una suma modesta si se toma en cuenta que los Estados Unidos exportaban productos agrícolas con valor entre US \$ 30 y 45 mil millones anualmente, hacia la misma época.

Pardey *et al.* (1999) estiman que si creara un fondo de poco más de US \$ 11 millones, con una rentabilidad del 4 por ciento, se podría garantizar a perpetuidad la conservación y la diseminación del material genético contenido en el banco de germoplasma del CIMMYT (incluido el costo de reposición del capital). La cifra resulta particularmente modesta, si se toma en cuenta que ese banco contiene cultivares de maíz y trigo y de sus parientes silvestres. El maíz, por citar sólo uno de los cultivos, generó en 1997 exportaciones en los Estados Unidos, por un valor superior a los US 5.418 millones (FAO 1997).

Las cifras anteriores inducen a sospechar la existencia de aparentes desbalances entre lo que se invierte en conservación de recursos fitogenéticos en el mundo, y la magnitud de las industrias que dependen en alguna medida de ellos. Sin embargo, debe reconocerse que la conservación, en cualquiera de sus modalidades (en las fincas, *in situ* o en bancos de germoplasma) implica un costo social, que debería sopesarse en relación con el valor que representa para la sociedad la preservación de los recursos fitogenéticos. Como no existe un mercado para la diversidad en plantas, es preciso utilizar algún método para estimar el valor social de esos recursos.

Existen diversas fuentes de valor en los recursos fitogenéticos, que podrían sintetizarse en valores de uso (para mejoramiento) y de existencia misma de los recursos. En el último caso se parte de una consideración no utilitaria de los recursos fitogenéticos. Su valor, de acuerdo con quienes sostienen esta posición, se fundamenta en una ética ambiental que parte del valor de todas las formas de vida en el planeta, independientemente de su posible valor utilitario para el ser humano (Evenson *et al.* 1998).

Los recursos genéticos se convierten así en un elemento para el que no cabe hablar de precio. Se trata más de un imperativo moral, que además podría estar relacionado con el sostenimiento de la vida humana, en el largo plazo. Todo el material genético tiene un valor potencial. Si no se conocen las tecnologías que estarán a disposición en el futuro ni las condiciones ambientales que prevalecerán, se debería conservar toda la diversidad que sea posible.

Si bien este tipo de argumentos tienen innegable validez, es importante reconocer que se trata de un marco insatisfactorio para construir políticas públicas o privadas. Algunos autores contraargumentan que, de hecho, los humanos afectan los ecosistemas con sus acciones. Su actividad puede acarrear la extinción de otras especies. Las inversiones en preservación de recursos genéticos, para su uso futuro implican la pérdida de consumo actual. En otras palabras, existen diversas opciones, que es preciso hacer explícitas (Evenson *et al.* 1998). Este enfoque, ligado sobre todo con estudios de economistas, ha generado un cuerpo importante de estudios empíricos, dirigidos a evaluar en términos económicos los recursos fitogenéticos.

En estos estudios se parte de la premisa común de que los recursos fitogenéticos pueden ser visualizados como cualquier otro bien público, o bien para el que no existe mercado (Evenson *et al.* 1998). El problema a resolver consiste precisamente en la inexistencia de un mercado que permita traducir las preferencias de la sociedad en términos monetarios. Evenson *et al.* (1998) presentan un panorama de los diversos enfoques seguidos en estudios empíricos tendientes a la evaluación empírica de recursos fitogenéticos. Veamos algunos de las metodologías disponibles.

Mediciones de la disposición a pagar

Para estimar el precio de bienes públicos, los economistas utilizan diversas técnicas para medir los valores privados por medio de la "disposición" a pagar en una situación de mercado. Estos valores privados pueden ser compilados por medio de encuestas. En otros casos, la conducta de los individuos pueda dar una idea del valor que asignan a un bien público. Así, el tiempo que las personas dedican a pasear en parques públicos

puede dar una idea del valor que asignan al parque. En el mismo sentido, los recursos que las personas gastan en bienes privados que son complementarios de los públicos (binoculares, por ejemplo, que sirven para observar a los pájaros en una reserva biológica), puede dar una idea del valor que asignan a la diversidad de esta especie.

Disposición a pagar por diversidad en la finca

Una aproximación a la valoración de recursos fitogenéticos es estudiar las decisiones que los agricultores están dispuestos a tomar con el fin de mantener la diversidad genética en sus campos. En muchos países, particularmente en los más pobres, los agricultores reducen el riesgo por medio de la diversificación de las variedades que plantan. Esta reducción del riesgo acarrea un precio, que es en general la pérdida de rendimientos potenciales. La pérdida esperada en los rendimientos como resultado de esta conducta puede ser vista como la disposición de los agricultores a pagar por la diversidad genética. Este enfoque puede presentar problemas de interpretación, ya que algunos estudios han mostrado que en algunos casos, las variedades tradicionales pueden presentar menores rendimientos y mayores varianzas en los mismos. Aún con estas dificultades de interpretación, este enfoque puede resultar útil en algunos casos.

Medidas de valuación contingente

Una de las medidas de la disposición a pagar, denominada valuación contingente, ha sido utilizada para asignar valor a bienes públicos y recursos ambientales. Algunos autores han utilizado estas técnicas para determinar la disposición del público a pagar por la preservación de la diversidad biológica. Brown (citado por Evenson *et al.* 1998) reporta que estos métodos funcionan razonablemente con bienes que son valorados directamente por el consumidor. No obstante, cabría esperar que sean menos precisos en el caso de recursos fitogenéticos, donde el ciudadano medio carece de información en relación con el tema. Es poco probable que un individuo medio conozca la existencia de un banco de germoplasma y en consecuencia, tiene pocas bases para valorar su existencia. Más difícil todavía es que puede pronunciarse en relación con prioridades de este tipo de instituciones. Por ejemplo, ¿debería ampliarse la inversión en preservación de germoplasma en el CIMMYT, en vez de hacerlo en otro centro del GICIAI, dedicado, por decir algo, a la investigación en yuca? Las respuestas surgidas de las encuestas pueden ser en estos casos inconsistentes o carentes de sentido.

Precios hedónicos

Los bienes tienen múltiples atributos que les permiten satisfacer necesidades de los consumidores. Cada uno de ellos tiene un efecto sobre el precio final. Esta técnica busca asignar la proporción del precio atribuible a cada uno de los rasgos de un bien en cuestión (Field y Azqueta 1996).

Evenson (1993) aplicó esta técnica para analizar la productividad en arroz en diversas localidades y asociar los niveles de productividad con las características del acervo genético utilizado en ciertas localidades de India. Se ajustó una ecuación para desagregar las mejoras en rendimientos, según cada una de sus fuentes: mejoramiento de variedades, otros avances tecnológicos y otras fuentes de cambio en los rendimientos, tales como condiciones agroecológicas y socioeconómicas (nivel educativo de los agricultores, etc). En este modelo se supone que el cambio en las variedades depende de la disponibilidad previa de variedades criollas (*landraces*) y parientes silvestres de la planta.

En otro estudio se encontró que en el caso de India, cerca de 5.6 por ciento de las ganancias en rendimientos podían ser atribuidas a las colecciones de germoplasma (Gollin and Evenson 1998). Ello equivalía, en términos económicos a beneficios equivalentes a US \$ 6.1 millones (descontando en flujo de ingresos a una tasa del 10%). Este beneficio se comparaba favorablemente con los costos de mantenimiento de los acervos de germoplasma, que se estimaron en aproximadamente un millón de dólares. Como la expansión de las variedades modernas no fue considerada plenamente, los autores consideran que es probable que esa contribución de los recursos genéticos a los rendimientos en India podría ser de 3 a 4 veces mayor en la realidad.

Otro trabajo dentro del mismo enfoque, realizado por Evenson y David (citado en Evenson 1993), informa acerca de estimaciones realizadas sobre el impacto de variedades modernas de arroz en India, Pakistán, Bangladesh, Filipinas, Tailandia, Indonesia y Brasil. Las estimaciones de tales impactos para estos países fueron mayores para el caso de la India y menores en los otros casos. El valor aproximado de las variedades modernas en 1990 (en US \$) en regiones productoras de arroz tipo Indica fue de 3.6 mil millones de US dólares. Si se considera que esto es el resultado de la contribución acumulada de las primeras 1.400 variedades modernas, se obtiene un beneficio acumulado promedio para cada variedad del orden de US \$ 2.5 millones por año, y este beneficio continúa a perpetuidad, porque los autores suponen que el mejoramiento varietal es aditivo.

Los autores calcularon el valor de agregar 1.000 accesiones a la colección de germoplasma del International Rice Research Institute (IRRI). Las 1.000 accesiones podrían generar la liberación de 14.4 nuevas variedades. Estas a su vez serían responsables de una corriente de US \$ 360 millones, con un retardo de 10 años. El valor presente de esta corriente es de US \$ 950 millones, descontada a una tasa del 10 por ciento. Si se descuenta a una tasa del 5 por ciento, el valor presente de esa corriente es de US \$ 3 600 millones. Si se computa el valor de agregar una variedad criolla la colección del IRRI, se obtiene que éste es de US \$ 67 millones, si se descuenta a una tasa del 10 por ciento y de US \$ 250 millones, si se descuenta al 5 por ciento.

Evenson *et al.* (1998) opinan que el método de los precios hedónicos es quizás la medida más convincente del valor de los recursos genéticos, ya que se vinculan directamente los materiales genéticos a la producción. Por otra parte, estos autores muestran que se trata de un método sumamente intensivo en datos. Los estudios realizados por Evenson y sus colaboradores en India, se llevaron a cabo en conjunción con un estudio sobre el impacto de la investigación agrícola en ese país. Fue solamente en ese contexto que se pudo separar el valor del material genético de los incrementos en los factores asociados con la investigación y con otros factores de la producción.

Reducción de pérdidas

Otro enfoque posible para valorar el germoplasma se relaciona con reducción de pérdidas, a nivel local o global. Las colecciones *ex situ* sirven como un depósito de resistencia a enfermedades y plagas. De tal manera, los recursos contenidos en esas colecciones reducen la probabilidad de futuras pérdidas de cosechas. Este beneficio se compara con el costo de operar un banco de germoplasma y de realizar búsquedas en la colección. Brown y Goldstein (citados por Evenson *et al.* 1998) usan un modelo de este tipo para argumentar que se deberían conservar todas las variedades para las cuales el beneficio marginal de preservación es superior al costo marginal de conservación.

Otros economistas han utilizado las pérdidas de cosecha como una medida implícita del valor del germoplasma. En el caso de una epidemia que afectó la producción de trigo se estimaron las pérdidas en US \$ 2 mil millones. Ese sería implícitamente el valor de los esfuerzos de mejoramiento genético necesarios para combatir la epidemia.

En esta misma línea metodológica, se llevó a cabo un estudio en Colombia, dirigido a evaluar el impacto económico de la investigación agrícola que se llevó a cabo para obtener la variedad de café Colombia, que tiene una tolerancia superior a la roya, que se discute más en extenso en la próxima sección.

Uso de datos experimentales para estimar el valor

En algunos casos el valor de los recursos genéticos se puede medir directamente. Si se conocen cifras aportadas por experimentos, es posible aislar directamente el efecto de las contribuciones genéticas a un mejor desempeño. Aunque los resultados en la finca podrían no coincidir los cambios en resultados obtenidos en experimentos, los experimentos controlados ofrecen la posibilidad de identificar el componente genético de las ganancias en rendimientos.

La Subinversión en Conservación de Recursos Fitogenéticos

Los estudios realizados sobre el valor económico de los recursos fitogenéticos señalan en la dirección de la existencia de una importante subinversión en recursos fitogenéticos. Esa subinversión es tanto más preocupante, cuanto que la mayor parte de trabajos sobre la temática están dirigidos a analizar el caso de cultivos como arroz, maíz y café, cuya preponderancia en el consumo mundial y la existencia de importantes mercados internacionales de larga data los hacen de interés, para países industrializados y en desarrollo. No obstante, esos cultivos podrían no ser los más importantes para amplios sectores de la agricultura de ALC y de Mesoamérica. Existe evidencia anecdótica de que importantes colecciones de cultivos tropicales se han perdido como consecuencia de decisiones administrativas tendientes a reducir su mantenimiento.

Por qué se subinvierte en conservación de germoplasma de plantas, un tema de la mayor importancia para la formulación de la política, no parece haber recibido atención todavía de los investigadores, por lo menos no de los autores de las investigaciones reseñadas. Las elaboraciones más cercanas sobre esta temática se refieren a la subinversión social en mantenimiento de la biodiversidad, en su sentido más general, es decir la preservación de la vida en todas sus formas (incluidas las plantas domesticadas y no domesticadas), insectos y microorganismos) en los ecosistemas mismos en que se encuentran.

Las consideraciones sobre las causas de la subinversión social en biodiversidad, como las contenidas en Brown *et al.* (1993) constituyen un buen punto de partida para el análisis de la subinversión en conservación de los recursos fitogenéticos, aunque las diferencias existentes en la preservación de ambas formas de diversidad aconsejaría el estudio detenido de las razones por la cuales se subinvierte en recursos fitogenéticos. Una primera diferencia que salta a la vista es que la diversidad biológica de importancia para la agricultura se refiere más a la diversidad intraespecie, mientras que la biodiversidad en su sentido más general, pone énfasis en la conservación de las diversas especies.

Aún con las precauciones anotadas, Brown *et al.* (op. cit.) adelantan un elemento que afecta negativamente a la biodiversidad, y que podría explicar el nivel subóptimo de inversión social en conservación de recursos fitogenéticos. La inexistencia de mercados para los servicios de la biodiversidad, en este caso los recursos genéticos limita, no sólo su valoración económica, sino la apropiación de los beneficios derivados de su posesión. En la medida en que no existan medidas para excluir a otros de la utilización de los servicios de los recursos fitogenéticos, se reduce posiblemente el atractivo de invertir en su conservación. El establecimiento de sistemas legales que garanticen la propiedad de las formas de vida es posiblemente un paso en la dirección apropiada, aunque los efectos finales dependen de un amplio conjunto de detalles que tienen que ver con la legislación nacional de derechos de mejoradores de plantas en cada país. Ese tema es abordado en la sección correspondiente.

Es importante recalcar asimismo que, si bien la literatura apunta a una importante subinversión en la inversión en mantenimiento de los recursos fitogenéticos a nivel global (sólo se invertían con ese fin cerca de US \$ 55 millones a nivel global a mediados de los ochenta), cabría esperar que la situación sea incluso peor en el caso de frutales tropicales, para cuya investigación no tienen mandato los centros internacionales adscritos al GICIAI. Son estos los cultivos, sin embargo, que muestran mayor dinamismo dentro de los sistemas productivos agrícolas de las regiones tropicales y subtropicales de ALC.

Dos ejemplos de valoración económica de recursos fitogenéticos: El desarrollo de la variedad Colombia (café); valoración de recursos genéticos en frijol en Costa Rica y de la variedad de palmito Yurimaguas, en Costa Rica.

a) El desarrollo de la variedad Colombia, resistente a la enfermedad de la roya del café

El desarrollo de la variedad Colombia, ilustra uno de los posibles métodos de valoración de recursos fitogenéticos: la reducción de pérdidas en un cultivo por medio del aporte de recursos genéticos, y la reducción en el uso de insumos.

El estudio fue desarrollado en Colombia, por la investigadora María Isabel Farfán Camacho y se centró en el cálculo de la Tasa Interna de Retorno de la investigación que generó la Variedad Colombia, desarrollada para enfrentar la enfermedad de la roya del cafeto (Farfán Camacho 1999).

Esta enfermedad, producto de la acción de un hongo fue detectada por primera vez en Colombia en 1982-83. En poco tiempo, la superficie afectada pasó de 3% del área cafetera nacional (en 1983-84) a 32.9% en 1984-85. En su punto álgido la roya llegó a afectar 80.13% del área cafetera colombiana. La variedad Colombia es el resultado de un cruce entre la variedad Caturra, de excelentes características agronómicas, pero susceptible a la roya y un progenitor resistente, conocido como Híbrido de Timor.

El estudio de Farfán Camacho tuvo como objetivo determinar la tasa interna de retorno asociada con la generación y transferencia de tecnología relacionada con la variedad Colombia, durante el periodo 1970-1996.

La enfermedad de la roya significa un costo adicional para los caficultores, representado por la compra de equipos de aspersión, fungicidas y por la mano de obra empleada. Sin embargo, la topografía accidentada del terreno, las altas densidades de siembra y condiciones climatológicas de la zona cafetera, impiden hacer un control químico efectivo, lo cual implica que aun los cafetaleros que lo adoptan tengan disminuciones en la producción. Las pérdidas resultantes por la roya son significativas. Por ejemplo, experimentos reportados por Farfán muestran que la variedad Caturra, sin control, genera una disminución de la producción que varía entre 10.9 y 20.7% con respecto a la opción del control químico, cuando se comparan parcelas distintas, tratadas y no tratadas con fungicida.

La comparación de las variedades Colombia y Caturra, con control, presente pequeñas variaciones a favor de una u otra, debidas al azar; la comparación estadística de las mismas, confirma la igualdad de los niveles productivos de las dos variedades en esas condiciones de cultivo.

La variedad Colombia permite llevar a cabo la producción con menor uso de insumos. Sería posible agregar la reducción de los costos ambientales, por menor uso de insumos agrícolas, particularmente fungicidas, pero el tema no fue abordado por la autora, debido a las dificultades metodológicas.

El ahorro en insumos y mano de obra depende del sistema de control de la roya que se considere. La autora identificó cinco de ellos, con lo cual calculó la Tasa Interna de Retorno (TIR) para cada uno. Como existen dos tipos de productos químicos, se obtiene una tabla con el cálculo de la TIR para cada combinación del tipo de tecnología, con cada alternativa de fungicida. Asimismo, se estimó en ese estudio los costos de la generación de la variedad (Tabla 3). Para ello se consideraron dos tipos de gastos: mano de obra, y desarrollo y mantenimiento de las subestaciones experimentales de CENICAFE.

Tabla 3. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno según tecnología utilizada, considerando los costos de generación de la variedad Colombia.

| | Presión neumática | Presión previa retenida | Semiestacionaria | Aguilón vertical | Motax |
|---------------------|-------------------|-------------------------|------------------|------------------|-------|
| Oxicloruro de cobre | 31% | 26% | 22% | 23% | 21% |
| Fungicida sistémico | 32% | 28% | 25% | 26% | 22% |

Fuente: Farfán Camacho 1999.

La autora estima estos resultados económicos como muy satisfactorios, incluso para el organismo que desarrolló la variedad, denominado CENICAFE, que se financia con recursos del gremio de productores de café (Farfán Camacho 1999).

La principal limitación de este enfoque radica en la sobrevaloración implícita de los recursos genéticos que se encuentra en el hecho de no considerar que existen bienes sustitutos en el mercado para la mayor parte de productos agrícolas, con lo que un aumento en el precio de un bien, debido a una plaga en el mercado enfermedad, se ve compensado por aumentos en el consumo de bienes sustitutos, cuyo precio ha aumentado en mucho menor medida.

b) Inversión en recursos fitogenéticos en un cultivo tropical promisorio: El desarrollo del palmito en Costa Rica y el caso de la variedad Yurimaguas

El aprovechamiento del palmito de pejibaye es de origen precolombino. La utilización como alimento del extremo apical tierno de las palmeras en general, se pierde en la historia de los indígenas del trópico americano. En la América tropical, el pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth), conocido con muchos nombres comunes en español (chontaduro, tembe, pirire, pijuayo, etc.) fue desarrollado por las tribus indígenas que habitaban en el trópico húmedo, desde Honduras hasta Bolivia. En el caso de Costa Rica se documentó la importancia de este cultivo para los indígenas de la zona de Talamanca a inicios de la Colonia (Mora y Gafza 1999). Sin embargo, el cultivo cayó en el olvido posteriormente (al igual que muchos otros cultivos de importancia precolombina) y no es sino recientemente (hacia 1970) que se inicia en Costa Rica la investigación agronómica sobre la planta. Mora y Gafza (*op. cit.*) sostienen que el desarrollo del cultivo ha tenido su asiento principal en Costa Rica y que el mismo constituye una valiosa contribución de este país a la agricultura mundial.

Además de Costa Rica, son productores de palmito a partir de pejibaye Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guatemala, México, Nicaragua, Perú, República Dominicana y Venezuela. Se ha estimado que Costa Rica posee de 350.000 a 400.000 hectáreas aptas para la explotación de palmito. Las mismas se ubican desde el nivel del mar hasta los 800 msnm. A inicios de 1998 Costa Rica tenía una extensión de 13.000 ha dedicadas a la explotación de palmito (Mora y Echeverría 1999).

En 1998 Costa Rica exportó 11.531 t de palmito, lo que generó cerca de US \$ 24 millones. En 1999, una caída sustancial de los precios de exportación generó una reducción en el área cultivada. Quirós (comunicación personal, 2000) estimaba que hacia mediados del año 2000, el área dedicada al cultivo del palmito se había contraído a las 9.000 has. El cultivo se había expandido en Costa Rica a mediados de la década del noventa, para tomar ventaja de la menor presencia de los brasileños en el mercado internacional, cuya producción se reorientó a atender el mercado interno, creciente a causa de la reactivación de la economía brasileña después de los procesos de reforma. La mayor producción costarricense en el mercado internacional se sumó a la de Ecuador, un nuevo exportador del cultivo, (Bücher 2000). El resultado fue una caída cercana al 27%, entre el precio FOB por kg máximo alcanzado en 1997 y el precio FOB de 1999. De lo anterior es posible concluir que, si bien el mercado internacional de palmito ha experimentado considerables alzas y bajas durante los últimos años, esos movimientos reflejan oscilaciones de corto plazo, que no deben ser un obstáculo para visualizar el importante potencial de largo plazo del cultivo.

La expansión de la presencia Ecuatoriana en los mercados internacionales refleja el interés despertado por el cultivo entre los productores de esa nación, pero también refleja la fuerte devaluación de la moneda del país.

Se considera que el palmito, en el futuro, puede competir favorablemente con cultivos que cuentan con mercados más establecidos, tales como el espárrago. Si se adoptan políticas de comercialización públicas y privadas adecuadas, en el largo plazo el palmito podría absorber una porción significativa del poder de compra global que actualmente se dirige a la compra de espárragos. A largo plazo, se trata de un cultivo con potencial, sobre todo debido a dos características, es afín a las motivaciones de consumidores preocupados por un mayor consumo de legumbres y vegetales crudos y, además, no se requiere de plaguicidas para su producción, lo que garantiza mayor seguridad desde el punto de vista del consumo humano y del equilibrio ambiental.

En este contexto, en el desarrollo del presente estudio, se identificó información referente a las inversiones en conservación de germoplasma del cultivo que han tenido lugar en Costa Rica. Concretamente, se utiliza información aportada por el Dr. Jorge Mora Urpi, quien ha estado vinculado con el banco de germoplasma que

la Universidad de Costa Rica ha establecido en su Estación Experimental Los Diamantes, ubicada en la región Huetar Atlántica de Costa Rica. Estos datos ilustran el método de valoración de recursos fitogenéticos utilizando datos experimentales.

El pejibaye es una variedad de semilla recalcitrante, con lo que impide la conservación de la semilla en un medio refrigerado. Esto deja por tanto sólo dos posibilidades para la conservación de los recursos fitogenéticos: a) la conservación por medio de plantaciones del cultivo; y b) criopreservación. Como no se cuenta con las facilidades y protocolos necesarios para la última alternativa, los investigadores de la Universidad de Costa Rica han establecido una plantación para conservar recursos genéticos del cultivo en su Estación Experimental Los Diamantes, en Guápiles, Costa Rica.

Tabla 4. Costa Rica. Exportaciones de palmito, por principales destinos, en toneladas métricas

| | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
|---------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Canadá | 572 | 677 | 692 | 822 |
| Francia | 4728 | 5824 | 6546 | 5428 |
| España | 1100 | 1123 | 1402 | 1321 |
| Estados Unidos | 1075 | 1216 | 1220 | 1334 |
| Otros | 1215 | 1714 | 1871 | 1213 |
| Total | 8690 | 10554 | 11531 | 10118 |
| Precio FOB por kg (US \$) | 2,2 | 2,31 | 2,14 | 1,69 |

Fuente: Consejo Nacional de Producción. Programa Nacional de Palmito (1999) y (2000).

En 1992 se inició un experimento para comparar el comportamiento y productividad de nueve cultivares de pejibaye en la Estación Experimental Los Diamantes. Este experimento incluyó cuatro cultivares centroamericanos: *Utilis-Tucurrique*; *Utilis-Guápiles*, *Utilis-Guatuso* y *Tuira-Darién*, y cinco cultivares de la cuenca amazónica: *Yurimaguas sin espinas*, *Yurimaguas con espinas*, *Vaupés-Acaricuara*, *Solimoes-Tefé* y *Tembe-Chapare*. *Yurimaguas* es un híbrido espontáneo.

Los resultados disponibles muestran que las variedades *Yurimaguas* se comportan de manera superior en las condiciones edafoclimáticas propias de la zona donde se ubica la Estación Experimental Los Diamantes. Como se puede ver en la Tabla 5, la variedad *Yurimaguas* supera a todas las demás, entre las que se encuentran las variedades plantadas comercialmente en Costa Rica (por ejemplo, *Utilis-Guatuso* y *Utilis-Tucurrique*).

Tabla 5. Producción promedio en kg/ha de "corazón de palmito", rendimiento promedio en gramos/palmito, número promedio de palmitos cosechados por cepa, número de palmitos cosechados por ha/año.

| Cultivares | Kg/ha | Corazón de palmito (gramos)/palmito | Promedio gramos/palmito/ cepa/año | Promedio palmitos/ha/año | Valor económico adicional de la variedad Yurimaguas ² , |
|------------------------------|---------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--|
| Yurimaguas (sin espinas) | 2237.3 | 148.7 | 3.01 | 15050 | 0.0 |
| Yurimaguas (con espinas) | 2049.4 | 149.6 | 2.69 | 13450 | 208.0 |
| Vaupés-Acaricuara | 1810.59 | 132.16 | 2.74 | 13700 | 175.5 |
| Solimoes-Tefé | 1697.87 | 143.3 | 2.37 | 11850 | 416.0 |
| Utilis-Guatuso (sin espinas) | 1541.72 | 146.8 | 2.10 | 10500 | 591.0 |
| Utilis-Guápiles | 1519.5 | 133.9 | 2.27 | 11350 | 481.0 |
| Tuira-Darién | 1499.8 | 137.0 | 2.19 | 10950 | 533.0 |
| Tembe-Chapare | 1472.2 | 129.7 | 2.27 | 11350 | 481.0 |
| Utilis-Tucurrique | 1436.3 | 141.5 | 2.03 | 10150 | 637.0 |

Fuente: Mora, Jorge, Antonio Bogantes y Carlos Arroyo. Cultivares de pejibaye para palmito. En Mora y Gaínza (1999), pp. 41-50.

El precio vigente al productor hacia mayo del 2000 era de 40 colones por cada unidad de palmito, denominada en la jerga "candela" (aproximadamente 13 centavos de dólar) (Quirós, Comunicación personal). Si se toma en cuenta que la Utilis-Tucurrique, una variedad ampliamente cultivada comercialmente, produce apenas 10.150 unidades de palmito por año/ha y que la variedad Yurimaguas produce 15.050, la diferencia en el rendimiento entre ambos cultivares asciende a 4900 unidades/ha/año. Aun al precio bastante bajo por unidad reportado anteriormente, esa diferencia en rendimiento puede ser valuada en términos monetarios en US \$ 5.733.000, una cifra considerable, en términos de la industria, y sobre todo, de los costos de la conservación de los recursos fitogenéticos que se han podido registrar.

Los costos anuales de operación del banco de germoplasma de pejibaye (Tabla 6) son considerablemente menores que la ganancia que podría obtener los productores, con el empleo de la variedad Yurimaguas en Costa Rica, de llegar a difundirse² su uso, lo que sólo es posible a partir de su disponibilidad en la Estación Experimental. Nótese que dentro de los costos de operación del banco de germoplasma no se ha tomado en cuenta el costo original de la recolección. Esos costos distan de ser marginales, pero se estima que su ausencia no distorsiona considerablemente la conclusión básica a la que apunta el estudio: existe una importante subinversión en recursos fitogenéticos, que es preciso atender por medio de intervenciones públicas y privadas, cuidadosamente planificadas y ejecutadas. La distancia entre ganancias derivadas de la conservación de material genético (aunque sean potenciales, como en este caso), coincide, por lo demás con otras estimaciones mencionadas a lo largo de este reporte.

² Suponiendo que la producción adicional no afecta el precio internacional

Costos parciales por año asociados con la operación del banco de germo
 Tabla 6. Estimaciones de costos Est.Exper.Los Diamantes.

| Rubro | Colones/año |
|--|-------------|
| Mantenimiento | |
| Peones (10), 2 técnicos a tiempo parcial | 12,000,000 |
| Fertilizantes | 2,100,000 |
| Depreciación de vehículos | 600,000 |
| Dos investigadores (tiempo completo) | 7,200,000 |
| Una secretaria | 2,160,000 |
| Total (colones) | 24,060,000 |
| Total US\$ año 2000 | 76,869 |

Fuente: Mora, Jorge, comunicación personal.

Impacto de la Convención de Diversidad Biológica (CDB) y el Acuerdo sobre Aspectos de la Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio (TRIPS)

Una última reflexión para efectos de este informe tiene que ver con el posible impacto de la CDB y TRIPS sobre la conservación de los recursos fitogenéticos. No se pretende claro está, dilucidar tal impacto, sino apuntar un tema sobre el cual es preciso elaborar en estudios posteriores. Pistorius y van Wijk (1999) observan que en torno al tema es posible observar conflictos de intereses, que van más allá del hecho que quizás una parte mayoritaria del mejoramiento vegetal se lleva a cabo en el Norte industrializado, pero pobre en diversidad biológica, al tiempo que el Sur, mucho menos desarrollado en términos socioeconómicos, almacena presumiblemente la mayor parte de la riqueza fitogenética. Como en muchas otras discusiones sobre desarrollo, se trata de una dicotomía aparentemente cierta, pero que esconde otros elementos en el panorama. Por ejemplo, hay importantes sectores en el Sur, tal como apuntan Pistorius y van Wijk (op. cit) que favorecen el establecimiento de leyes de protección intelectual en agricultura.

Otros grupos atacan frontalmente la aplicación de tal legislación, pero es importante rescatar un punto, en relación con los recursos genéticos: de ser bienes libres, tanto la CDB como TRIPS favorecen su apropiación, ya sea por individuos o compañías, cuando han sido mejorados (TRIPS) o por parte de los Estados nación (CDB), en ausencia de mejoramiento. La existencia de estos convenios podría, en principio, crear el fundamento para eliminar uno de los obstáculos a la conservación. Lo que se ha denominado "la tragedia de los bienes comunales", culpable de la sobreexplotación de recursos visualizados como "libres por la comunidad, ha favorecido en el pasado la extinción de recursos ambientales de todo tipo en el pasado, y podría ser el elemento que explique la notable subinversión en recursos fitogenéticos de que dan cuenta los autores citados a lo largo de este informe.



A manera de conclusión

Este informe inicia con una presentación muy sucinta de los principales retos que enfrenta la agricultura de América Latina y el Caribe. La concentración de la investigación mundial en cultivos básicos ha limitado el crecimiento del rendimiento en aquéllos, como frutas tropicales, donde ALC exhibe un mayor dinamismo comercial. Esta situación es todavía más pronunciada en cultivos promisorios, que apenas empiezan a ingresar a los mercados internacionales agroalimentarios.

La investigación recoge métodos empleados por diversos investigadores para valorar económicamente el aporte a la agricultura de los recursos fitogenéticos. El método de los precios hedónicos, empleado por Evenson y colaboradores parece ser uno de los más precisos, ya que se basa en la utilización comercial actual de los materiales. Tiene el inconveniente, sin embargo, de ser muy intensivo en datos.

Los trabajos relevados muestran muy claramente que la inversión en conservación de recursos fitogenéticos es altamente rentable. Los autores consultados no abundan, sin embargo, en la lógica económica que conduce a que los agentes económicos tiendan a subinvertir en términos sociales, en la conservación de los recursos fitogenéticos.

Referencias

Alarcón Enrique, Luis G. González y Jürgen Carls (1998). Situación institucional de los recursos fitogenéticos en América Latina y el Caribe. IICA-BMZ y GTZ, Serie Documentos de Discusión sobre Agricultura y Desarrollo Sostenible No. 6.

Ardila Jorge (1999). El excedente económico y los beneficiarios del cambio técnico: una perspectiva para la evaluación de proyectos. IICA/Universidad de Campinas (Brasil), mimeo, pp. 28 pp.

Ardila Jorge (1999). Diagnóstico y perspectivas tecnológicas de la agricultura latinoamericana. IICA, mimeo, 14 pp.

Ardila Jorge (1997). Cambio técnico e investigación agrícola: la experiencia latinoamericana. Trabajo presentado al Seminario-Taller sobre Métodos para medir la adopción de nuevas tecnologías, resumen de experiencias, San José, 1-3 de diciembre de 1997, mimeo.

Artuso A. Creating linkages between valuation, conservation and sustainable development of genetic resources. In: Evenson R., D. Gollin, and V. Santaniello (eds.), pp. 197-206. Agricultural values of plant genetic resources. CABI Publishing for FAO, Center for International Studies on Economic Growth and Tor Vergata University (Rome).

Brown, Katrina, David Pearce, Charles Perrings and Timothy Swanson (1993). Economics and the conservation of global biological diversity. Global Environmental Facility (UNDP, UNEP, The World Bank). Working Paper Number 2, 75 pp.

Bücher, Hans (2000). "Aclaraciones sobre el palmito". El Financiero, 7-13 de febrero, pp. 8.

CEPAL (1998). Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe. CEPAL, Santiago de Chile.

CIAT/IPGRI/BID, sin fecha, Diversidad, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de frutales nativos de América Tropical. Informe final, 23 pp.

Consejo Nacional de Producción. Programa Nacional de Palmito (1999) y (1999). Noticias y Comercio Internacional, Boletín 2, Año 4 y Boletín 1, Año 5.

Evenson R. E. (1993). Economic valuation of biodiversity for agriculture. Yale University, Center for International Studies on Economic Growth. Mimeo, 47 pp. plus annexes.

Evenson R., D. Gollin, and V. Santaniello (1998). Introduction and overview: Agricultural values of plant genetic resources. In: Evenson R., D. Gollin, and V. Santaniello (eds.) Agricultural values of plant genetic resources. CABI Publishing for FAO, Center for International Studies on Economic Growth and Tor Vergata University (Rome).

Evenson R.E. and S. Lemarié. Optimal collection and search for crop genetic resources. In: Melinda Smale (ed.) Farmers, gene banks and crop breeding economic analyses of diversity in wheat, maize and rice, pp. 79-92. CIMMYT/Kluwer Academic Publishers.

FAO (1996). The state of the world's plant genetic resources resources for food and agriculture. Background documentation prepared for the International Technical Conference on Plant Genetic Resources. Leipzig Germany 17-23 June, 1996). Rome, 336 pp.

FAO (1996). Information note. The report on the state of the world's plant genetic resources. Rome, mimeo, 62 pp. plus appendix.

FAO (1997). Anuario FAO de comercio. Roma, Italia.

Farfán Camacho, María Isabel (1999). Impacto económico de la investigación en café en Colombia: El caso de la variedad Colombia. Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico, Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, Colombia

Field Barry y Diego Azqueta Oyarzun (1996). Economía y medio ambiente, Mc Graw-Hill, Colombia, Tomo III.

Gollin D. and R.E. Evenson (1998). An application of hedonic pricing methods to value rice genetic resources in India. In: Evenson R., D. Gollin, and V. Santaniello (eds.) Agricultural values of plant genetic resources, pp. 139-150. CABI Publishing for FAO, Center for International Studies on Economic Growth and Tor Vergata University (Rome).

Hartell J., M. Smale, P.W. Heisey, and B. Senauer. The contribution of genetic resources and diversity to wheat productivity in the Punjab of Pakistan. In: Melinda Smale (ed.) Farmers, gene banks and crop breeding economic analyses of diversity in wheat, maize and rice, pp. 145-158. CIMMYT/Kluwer Academic Publishers.

Juma Calestous (1989). The gene hunters: Biotechnology and the scramble for seeds. Zed Books and Princeton University Press for African Centre for Technology Studies (ACTS).

Koo Bonwoo and Brian D. Wright (1999). The timing of evaluation of genebank accessions and the effects of biotechnology. EPTD Discussion paper No. 54. IFPRI, 54 pp.

LaSalle J. Insect biodiversity in agroecosystems: Function, value and optimization (1999). In: Wood D. and J.M. Lenné (Eds.) Agrobiodiversity. Characterization, utilization and management. CABI Publishing.

Lenné J.M. and D. Wood (1999). Optimizing biodiversity for productive agriculture. In: Wood D. and J.M. Lenné (Eds.) Agrobiodiversity. Characterization, utilization and management, pp. 387-407. CABI Publishing.

Loskutov Igor G. Vavilov and his institute. A history of the world collection of plant genetic resources in Russia (1999). IPGRI, Rome, 188 pp.

Meng, E.C.H. M. Smale, M. Bellon, and D. Grimanelli. Definition and Measurement of crop diversity for economic analysis. In: Melinda Smale (ed.) Farmers, gene banks and crop breeding economic analyses of diversity in wheat, maize and rice, pp. 19-31. CIMMYT/Kluwer Academic Publishers.

Mora Quirós, Antonio y Carlos Umaña Campos (1999). Los recursos fitogenéticos del CATIE: Catálogo de las especies conservadas. Unidad de Recursos Fitogenéticos. CATIE, mimeo.

Mora Urpi, Jorge y Javier Gainza Echeverría (1999). Palmito de pejobaye. Su cultivo e industrialización. Editorial de la Universidad de Costa Rica, 260 pp.

Morera, J. y C. Umaña (1995). Jardín Botánico Cabiria-7. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (1995). Programa Agricultura Tropical Sostenible. Unidad Recursos Fitogenéticos. Turrialba, Costa Rica, 34 pp.

Pardey P.G., B. Skomand, S. Taba, M.E. van Dusen, and B.D. Wright. The cost of conserving maize and wheat genetic resources *ex situ*. In Melinda Smale (ed.) Farmers, gene banks and crop breeding economic analyses of diversity in wheat, maize and rice, pp. 35-55. CIMMYT/Kluwer Academic Publishers.

Perales H., S.B. Brush, and C.O. Qualset. Agronomic and economic competitiveness of maize landraces and *in situ* conservation in Mexico. In: Melinda Smale (ed.) Farmers, gene banks and crop breeding economic analyses of diversity in wheat, maize and rice, pp. 109-125. CIMMYT/Kluwer Academic Publishers.

Pistorius, Robin y Jeroen van Wijk. The exploitation of plant genetic information. Political strategies in crop development. Holanda, 1999, 248 pp.

Plucknett, Donald L., Nigel J.H. Smith, J.T. Williams, and N. Murthi Anishetty (1987). Gene banks and the World's Food. Princeton University Press, New Jersey, 247 pp.

Quirós, Juan Ignacio, funcionario del Programa Nacioanl de Palmito, Consejo Nacional de Producción (entrevistado en mayo del 2000).

Smale M. and M. R. Bellon (1999). A conceptual framework for valuing on-farm genetic resources. In: Wood D. and J.M. Lenné (Eds.) Agrobiodiversity. Characterization, utilization and management, pp. 387-407. CABI Publishing.

Smale, M. and R.P. Singh. The economic impact of diversifying the genetic resistance to leaf rust disease in modern bread wheats. In: In Melinda Smale (ed.) Farmers, gene banks and crop breeding economic analyses of diversity in wheat, maize and rice, pp. 173-188. CIMMYT/Kluwer Academic Publishers.

Solórzano Raul, Ronnie de Camino, Richard Woodward, Joseph Tosi, Vicente Watson, Alexis Vásquez, Carlos Villalobos, Jorge Jimenez, Robert Repetto and Wilfrido Cruz. (1991). Accounts overdue: National resource depreciation in Costa Rica. Tropical Science Center and World Resources Institute.

Swanson T. (1998). The source of genetic resource values and the reasons for their management. In: Evenson R., D. Gollin, and V. Santaniello (eds.) Agricultural values of plant genetic resources, pp. 67-81. CABI Publishing for FAO, Center for International Studies on Economic Growth and Tor Vergata University (Rome).

The Economist (1999), October 6th. The hungry are always with us. P. 49.

Wood D., and J.M. Lenné (1999). Agrobiodiversity and natural biodiversity: Some parallels. In: Wood D. and J.M. Lenné (Eds.) Agrobiodiversity. Characterization, utilization and management, pp. 425-445. CABI Publishing.

World Resources Institute (in collaboratoin with United Nations Environmental Program and United Nations Development Program) (1994). World Resources 1994-95. A guide to the global environment. New York, Oxford: Oxford University Press.

Yapi, A.M., S.P. Debrah, G. Dehala, and C. Njomaha (1999). Impact of germplasm research spillovers: The case of Sorghum variety S 35 in Cameroon and Chad. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Andhra Pradesh, India, 26 pp.

Zilberman D., C. Yarkin, and A. Heiman. Institutional change and biotechnology in agriculture: implications for developing countries. In: Melinda Smale (ed.) Farmers, gene banks and crop breeding economic analyses of diversity in wheat, maize and rice, pp. 191-237. CIMMYT/Kluwer Academic Publishers.

Websites:

<http://www.cgiar.org/ipgri>

<http://www.fao.org/ag/cgrfa>

