

Función del Fitomejoramiento Participativo en el Desarrollo de una Estrategia de Conservación de la Yuca

Anke van den Hurk

Científico Asociado, Estrategias Complementarias de Conservación,
IPGRI, Oficina de las Américas, CIAT, Cali, Colombia

Introducción

Desde hace tiempo se ha aceptado la necesidad de conservar los recursos fitogenéticos. Se han desarrollado, para tal efecto, varias metodologías. Fueron al principio metodologías de conservación *ex situ*, principalmente, como el almacenamiento de semillas, el almacenamiento en el campo y el almacenamiento *in vitro*. Más tarde se desarrollaron las metodologías de conservación *in situ*. Aunque a menudo se afirma que las metodologías de conservación son complementarias, se han hecho pocos trabajos para desarrollar una estrategia integral de conservación. Por consiguiente, se inició un estudio de casos sobre el cultivo de la yuca, con la intención de crear herramientas que contribuyan al proceso de toma de decisiones en este campo.

Estas herramientas permitirán a los conservacionistas seleccionar los materiales genéticos apropiados que conviene conservar (prioridades fijas) y desarrollar una estrategia de conservación que identifique las metodologías que pueden aplicarse en una situación dada.

En este documento se ha dado énfasis especialmente a las funciones de conservación en las fincas y de fitomejoramiento participativo (FMP) en una estrategia complementaria de conservación de germoplasma. En él se introduce brevemente la estrategia y se describe el proyecto del IPGRI sobre desarrollo de herramientas para la toma de decisiones.

Conservación en las Fincas

La conservación en las fincas es un enfoque de la estrategia de conservación *in situ* que consiste en mantener la diversidad genética de una especie o acervo genético en el hábitat en el cual evolucionó esa diversidad. La conservación en las fincas puede definirse como "*el cultivo y manejo continuos de un conjunto diverso de poblaciones vegetales, por los agricultores y en los agroecosistemas en que han evolucionado los cultivos*" (Bellon 1996). La diversidad genética que se conserva de esta manera consta de los parientes silvestres y las formas regresivas, de las razas nativas o variedades de los agricultores, y de las especies introducidas (Altieri y Merrick 1987; Bellon et al. 1997; Brush 1995; Eyzaguirre e Iwanaga 1996).

Es importante reconocer el papel fundamental de los agricultores, que consiste en hacerse cargo de todo el proceso de conservación (Bellon et al. 1997;

Jarvis y Hodgkin 1998). Influyen directamente en la diversidad genética, que ellos mantienen, con sus prácticas de manejo, como la siembra, la cosecha y el procesamiento de los productos de la cosecha, dando prioridad a los materiales más apropiados para sus condiciones. Además, los factores ambientales, biológicos, culturales y socioeconómicos influyen en la decisión de los agricultores respecto a descartar por selección o mantener, en cualquier momento, determinada variedad cultivada. Este proceso es dinámico: los agricultores no sólo toman decisiones cuando seleccionan sino que traen nueva diversidad mediante el intercambio de 'semilla' en los mercados, en las ferias y en los predios de los familiares. El valor de dicho proceso dinámico de conservación en las fincas depende de la habilidad y los conocimientos de los agricultores que aprecian los recursos fitogenéticos, y que seleccionan los caracteres en las plantas y los usan (Sthapit, comunicación personal).

Desde hace mucho tiempo, se ha reconocido la importancia de la conservación *in situ* (Altieri y Merrick 1987). Sin embargo, se retrasó su conquista real porque algunos científicos expertos en conservación de recursos fitogenéticos creyeron que no podían fiarse de los agricultores que tenían a su cargo la conservación y que ocurriría una pérdida rápida e incontrolada de germoplasma (Brush 1991). Además, los mejoradores formales se verían limitados respecto al acceso a esos materiales. La conservación en las fincas generaría también pobreza para quienes participaban directamente en ella y más tarde sería necesario pagar subsidios a los agricultores para que conservaran la diversidad genética (Brush 1991; 1995).

Sólo después de casi 3 décadas de investigación, el péndulo osciló en la otra dirección y la conservación en las fincas se convirtió en una opción aceptable de conservación (Brush 1991). Una de las principales ventajas de este tipo de conservación es la evolución permanente de los materiales vegetales, que conduce a su adaptación continua a un ambiente cambiante (Altieri y Merrick 1987; Bellon et al. 1997; Brush 1995; Jarvis y Hodgkin 1998). La conservación mantiene además la interacción continua entre las variedades cultivadas en el campo, de un lado, y las especies silvestres y las formas regresivas de los alrededores, del otro (Altieri y Merrick 1987; Jarvis y Hodgkin 1998). Aunque los bancos formales de germoplasma tienen la intención de conservar una gama tan amplia como sea posible de diversidad genética, tienen que dar prioridad a los materiales que se ha decidido conservar y se inclinan hacia los cultivares avanzados (Evenson y Gollin, en Eyzaguirre e Iwanaga 1996); seleccionan, además, los materiales de aquellas zonas que son fácilmente accesibles, como las que están ubicadas a los lados de los caminos (Salazar 1992).

La conservación en las fincas, en cambio, se centra en las razas nativas, en sus parientes silvestres y en aquellas zonas cuyo acceso no es fácil. El IRRI, por ejemplo, recolectó un número limitado de accesiones de arroz de Vietnam por causa de la guerra interna de ese país, a pesar de que es un centro principal de la diversidad genética del arroz. Por otra parte, los agricultores siguieron cultivando y manteniendo sus materiales en sus tierras, también en aquellas circunstancias difíciles (Salazar 1992). Como los cultivos subutilizados y olvidados no son, con frecuencia, una prioridad para los sistemas formales de conservación, la conservación en las fincas puede ser un método útil y relativamente barato

(Altieri y Merrick 1987). Otro aspecto importante: la conservación está en manos de las personas que participaron directamente en su desarrollo, lo que les da mejor acceso y control de ella (Bellon et al. 1997; Berg 1996a; Jarvis y Hodgkin 1998).

Se señala, además, que la conservación en fincas tiene el potencial de mejorar la forma de vida de los agricultores de escasos recursos (Jarvis y Hodgkin 1998). Aumenta, finalmente, la conciencia de la conservación de los recursos genéticos porque participan más personas en ella (Brush 1995). Las Organizaciones de Energía y Medio Ambiente de Kenia (KENGO) —una coalición de grupos de mujeres, organizaciones de agricultores y otras ONG locales— demostraron que se ha restablecido la confianza en el conocimiento tradicional y que el valor de los árboles y los cultivos alimenticios tradicionales ha sido reconocido recientemente. Esto ha conducido a que se mantenga el desarrollo, y aun a la reintroducción, de varias especies de árboles y cultivos indígenas (Kiambi y Opole 1992).

Papel de los agricultores

Los agricultores siempre han participado en la selección y mantenimiento de los cultivos agrícolas. Los arqueólogos informan que, alrededor del año 6000 A.C., se cultivaban especies silvestres de *Solanum* junto con otras de tubérculos y de granos (Rhoades 1994). El proceso de domesticación del maíz comenzó probablemente hace alrededor de 7000 años y ha dado lugar al desarrollo de miles de variedades que se cultivan en México y en otros sitios del mundo (Rhoades 1994). Brush (1991; 1995) y Bellon et al. (1997) indican que, actualmente, los agricultores mantienen todavía una amplia gama de variedades de maíz, papa, arroz y trigo en México, Perú, Tailandia y Turquía, respectivamente. Esta situación no está relacionada con el hecho de que cada uno de los países esté afectado por cambios socioeconómicos, como el aumento de la población, la comercialización de los cultivos, el desarrollo de la infraestructura y la mayor disponibilidad de variedades modernas. Los motivos que tienen los agricultores para continuar cultivando las razas nativas son los siguientes (Bellon et al. 1997; Brush, 1991; 1995):

- mejor adaptación de esas razas a las circunstancias ecológicas predominantes;
- fragmentación de las propiedades de tierras con diferentes microclimas;
- aislamiento económico;
- identidad y preferencia culturales.

Las diferentes actividades que contribuyen a la conservación de la diversidad en el sistema agrícola y alrededor del mismo varían mucho. Cooper y Cromwell (en Berg 1996a) dan una visión de conjunto de esas actividades; examinaron varios programas que estaban relacionados con la conservación en las fincas y los dividieron en cinco categorías:

- estudios de casos sobre la conservación en los sistemas agrícolas;
- áreas protegidas para la conservación de los parientes silvestres de los cultivos;
- participación de los agricultores en los proyectos de conservación *in situ*;
- conservación mediante el uso, incluyendo aquí el FMP;
- actividades comunitarias de formación de bancos de semilla y otras actividades dirigidas por las ONG.

Organización de la conservación

Como las actividades en que el germoplasma actúa alrededor del sistema agrícola son diversas, se sintió la necesidad de una estructura orgánica que pueda supervisarlas para saber si un material debe conservarse y en qué sitio, y para detectar los materiales que se encuentren amenazados. Esa estructura serviría también para hacer seguimiento a la diversidad genética que se mantiene y para asesorar el trabajo de obtener la documentación de dichos materiales (Brush 1991; Jarvis y Hodgkin 1998). Aunque se percibió la urgencia de coordinar las actividades, se recalcó que debe hacerse una intervención mínima, continuar la colaboración con los institutos que ya se encuentran activos, crear una vinculación directa entre conservación y desarrollo, lograr apoyo internacional y vincularse con otras actividades de conservación de germoplasma (Brush 1991; Jarvis y Hodgkin 1998).

Recientemente, Maxted et al. (1999) desarrollaron un modelo genérico para ayudar a quienes están interesados en la conservación en las fincas. Dividieron el proceso de conservación en fincas en tres fases. La primera es una fase de planificación y establecimiento, en la que se identifican los socios y los sitios de conservación y se formulan las actividades de conservación. El manejo y el seguimiento de las actividades planificadas tienen lugar en la segunda fase; en la última fase, finalmente, se define la utilización de la diversidad en las fincas.

Se percibió también la necesidad de fortalecer la base científica de la conservación en las fincas con el fin de optimizar la conservación del germoplasma y estar mejor equipados para vigilar todo el proceso. Para lograrlo, el IPGRI ha establecido un proyecto mundial de conservación en las fincas en compañía de nueve países, cuyos objetivos principales son los siguientes: el desarrollo de un marco de conocimientos en los procesos de toma de decisiones por parte de los agricultores, el fortalecimiento de las instituciones nacionales para la planificación y puesta en práctica de los programas de conservación, y el perfeccionamiento y la expansión del uso de la diversidad biológica agrícola (Jarvis y Hodgkin 1998).

En consecuencia, es factible que los agricultores mantengan la diversidad genética cuando esta opción es competitiva con las demás opciones que tienen ellos, contribuye a la seguridad que necesitan y aumenta, posiblemente, sus ingresos (Jarvis y Hodgkin 1998). Se han identificado diversas opciones para

agregar valor al germoplasma que debe conservarse. Sthapit y Jarvis (1999) dividieron en dos categorías las opciones que agregan valor:

- En la primera incluyeron todas aquellas opciones que aumentan la demanda de los materiales, como mejorar el procesamiento, la presentación, el reconocimiento y el mercadeo.
- En la segunda categoría incluyeron aquellas opciones que mejorarían los recursos genéticos locales con respecto a la calidad, la resistencia a enfermedades y plagas, el rendimiento, el sabor y otras características necesarias. Esta última categoría se tratará más detalladamente a continuación.

Fitomejoramiento Participativo, Origen y Usos

El FMP es una de las opciones que agregan valor al germoplasma (Berg 1996a; Jarvis y Hodgkin 1998). Los programas formales de fitomejoramiento dejaron de satisfacer adecuadamente, en su mayoría, las necesidades y los requerimientos de muchos agricultores, especialmente en las zonas marginales (Ceccarelli et al. 1996; Franzen et al. 1996; Hardon 1995; 1996). Por lo regular, se orientan a la amplia adaptación, los altos rendimientos, la resistencia a las enfermedades y plagas comunes, las características de calidad en relación con el comercio y la uniformidad en condiciones favorables de los cultivos más importantes (Ceccarelli et al. 1996; Franzen et al. 1996; Hardon 1996; Hernández-Romero 1993). En muchos casos, las variedades así desarrolladas no son apropiadas para los agricultores que viven en zonas marginales. No están bien adaptadas al entorno físico, es decir, al estrés causado por el clima, el suelo, los factores abióticos y bióticos, ni al entorno socioeconómico, o sea, la situación económica, los intereses de los usuarios, las preferencias de los consumidores y los mercados (Almekinders y Elings 1999; Hardon 1996). Esto puede atribuirse a la interacción genotipo *por* ambiente, el cual desempeña, en las zonas marginales, una función importante en la expresión de las características (Baidu-Forson 1997). Por consiguiente, las variedades que eligen los agricultores cambian frecuentemente (Hardon 1996). Además, como las condiciones de cultivo varían ampliamente dentro de las parcelas de los agricultores y entre una parcela y otra y los agricultores no pueden darse el lujo de correr riesgos innecesarios, ellos necesitan tener acceso a una gran variedad de variedades diferentes o de mezclas de genotipos (Ceccarelli et al. 1996; Franzen et al. 1996; Hardon 1996; Prain et al. 1991; Scheidegger y Sperling 1993; Sperling y Scheidegger 1995; Sthapit et al. 1996; Teshome et al. 1999; Voss 1996).

Para ayudar a aquellos agricultores que no pueden usar las variedades que se liberan, bien sea porque no son accesibles o no se adaptan a las circunstancias en las zonas donde se cultivarán, se han desarrollado enfoques alternativos de mejoramiento (Hardon 1995; 1996). Estos se basan en la participación de los agricultores en el proceso de mejoramiento y, en consecuencia, a menudo se denominan FMP.

El FMP combina los puntos fuertes de los mejoradores y los de los agricultores. Los mejoradores tienen los conocimientos técnicos necesarios para

transferir genes y prueban gran número de líneas por su resistencia a enfermedades y por otros caracteres. Además, tienen un acceso más fácil a una amplia gama de germoplasma de diferentes orígenes y de características contrastantes (Kornegay et al. 1996; Sthapit et al., 1996). Por otra parte, los agricultores y las comunidades agrícolas tienen un conocimiento íntimo de las limitaciones locales de producción y de sus preferencias y necesidades. Además, muchos agricultores tienen experiencia en la selección y lo hacen activamente respecto a caracteres específicos de diversos cultivos como el sorgo, el maíz y la yuca (Eyzaguirre e Iwanaga 1996; Sthapit et al. 1996; Teshome et al. 1999; Waal et al. 1997; Wilkes 1977). Como los mejoradores y los agricultores se convierten en socios, unos aprenden de los otros, unos se fundamentan en los puntos fuertes de los otros y unos se ganan el respeto de los otros (Eyzaguirre e Iwanaga 1996).

Contribución del agricultor

La magnitud y el momento de la participación de los agricultores varía según las diferentes metodologías de FMP que se hayan desarrollado. En algunos casos, los agricultores sólo participan en la última parte del proceso de mejoramiento, es decir, en la selección de los productos finales o casi finales, como la selección entre variedades. Este enfoque, denominado también selección participativa varietal (SPV) (Witcombe y Joshi 1996b; Witcombe et al. 1996), ha demostrado su valor en algunos casos (Hernández-Romero 1993; Sperling 1996; Sperling et al. 1993; Weltzien et al. 1996). Por ejemplo, en el Proyecto Krishak Bharati Cooperative Indo British Rainfed Farming (KTIBP), en India, cierto número de variedades liberadas y preliberadas de arroz, maíz, garbanzo y frijol mungo se probaron en las fincas, dando como resultado la selección de algunas variedades promisorias para los agricultores (Witcombe y Joshi 1996b). En un experimento de selección en Uttar Pradesh, India, se compararon 10 variedades mejoradas de arroz para zonas de temporal con las variedades locales existentes, en un ensayo de parcelas divididas en los campos de los agricultores. Gracias a la colaboración entre los científicos y los agricultores, los primeros estaban mejor informados acerca de las necesidades de los agricultores, mientras que éstos se dieron cuenta de que el mejoramiento de variedades también era posible en circunstancias difíciles como las que ellos enfrentaban (Maurya et al. 1988). Los agricultores respondieron también positivamente con su participación en los ensayos varietales de papa hechos en los Andes peruanos e indicaron que a ellos les gustaría hacer más ensayos con algunas de las variedades (Prain et al. 1991).

Hay también ejemplos de agricultores que están directamente involucrados en el proceso de mejoramiento participando en la selección entre líneas y dentro de líneas y variedades. Sthapit et al. (1996) estudiaron los efectos del aporte de los agricultores al desarrollo de variedades durante la selección de materiales segregantes (F5) de arroz en las zonas montañosas de Nepal. Los mejoradores del Lumle Agricultural Research Centre (LARC) cruzaron cuidadosamente los materiales elegidos. De F2 a F4, los mejoradores seleccionaron los materiales, haciendo énfasis en la fertilidad de las espiguillas y en la resistencia a la podredumbre parda de la vaina. Estos materiales se pusieron luego a disposición de los agricultores, quienes hicieron selecciones adicionales según sus propias necesidades. Esto dio lugar a la selección de materiales que presentaban un

rendimiento razonable, buena formación y color de la semilla, buenas cualidades de poscosecha, así como alguna tolerancia de las heladas y resistencia a la podredumbre parda de la vaina.

Kornegay et al. (1996) llevaron a cabo un experimento en que se estudió la habilidad de los agricultores para el mejoramiento vegetal. Tres agricultores fueron escogidos para mantener su propio programa de mejoramiento. A cada uno se le dieron 18 poblaciones F2 de frijol común para que hiciera selección en ellas. Recibieron instrucciones básicas sobre la manera en que podrían hacerse las selecciones, pero la disposición del experimento y otros detalles quedaron a cargo del agricultor. Los materiales seleccionados por los agricultores se compararon con los materiales de los mejoradores del CIAT en un ensayo común. La clasificación final contenía tanto las variedades de los mejoradores como las de los agricultores; las primeras producían mayores rendimientos mientras que las de los agricultores tenían las mejores características de calidad. Se concluyó que la capacidad de los agricultores debe combinarse con las experiencias de los mejoradores para lograr un programa óptimo de fitomejoramiento (Kornegay et al. 1996).

Almekinders y Elings (1999), Ashby et al. (1996), Berg (1996b), Witcombe y Joshi (1996b) y Witcombe et al. (1996) tienen una apreciación global clara de los diferentes enfoques del FMP. En la última referencia se presentan también sugerencias sobre la manera de optimizar, extender y desarrollar una estructura orgánica sostenible para la investigación participativa. En la mayoría de los casos de FMP, las actividades tienen lugar en la finca; no obstante, también ha habido experiencias positivas cuando los agricultores participan en los ensayos de la estación experimental. En la investigación sobre frijol emprendida en Rwanda, por ejemplo, se demostró que los agricultores podían extrapolar, a las pruebas que ellos necesitaban, la acción de la estación experimental (Eyzaguirre e Iwanaga 1996; Sperling 1996). Hay también experiencias similares en diferentes cultivos, incluidos los autopolinizados como el arroz (Maurya et al. 1988; Sthapit et al. 1996; Witcombe y Joshi 1996b), el frijol (Sperling 1996; Sperling y Scheidegger 1995; Sperling et al. 1994) y la cebada (Ceccarelli et al. 1996); los de polinización cruzada como el maíz (Witcombe y Joshi 1996b) y el millo perlado (Weltzien et al. 1996); y los cultivos propagados vegetativamente, como la papa (Prain et al. 1991) y la yuca (Hernández-Romero 1993; Waal et al. 1997).

Ventajas y beneficios del FMP

De las diferentes metodologías desarrolladas, parece que la colaboración entre los agricultores y los fitogenetistas ha dado lugar al desarrollo de variedades que se adaptan mejor a las necesidades de los agricultores, lo que conduce a mejores tasas de adopción (Maurya et al. 1988; Sthapit et al. 1996; Voss 1996). Además, las variedades son liberadas o se ponen a disposición de los agricultores más temprano que en otros casos (Maurya et al. 1988; Sperling y Berkowitz 1994). Los costos de este mejoramiento son, al parecer, razonables, y se hace un uso más eficaz, en función del costo, del tiempo de los científicos (Maurya et al. 1988); esto hace factible la continuación del FMP después de las fases experimentales.

El FMP no se limita, necesariamente, a los entornos marginales (Hardon 1996; Sthapit et al. 1996) ni a los agricultores tradicionales (Berg 1996b). Los agricultores que pertenecen a un entorno más favorable también pueden beneficiarse de su mayor participación por cuanto pueden seleccionar variedades en una gama más amplia y tener acceso más rápido a los materiales (Hardon 1996). La adopción de más variedades en estas zonas dará lugar a una mayor diversidad, lo que puede originar, por ejemplo, mayor estabilidad en la zona cuando ocurra el ataque de una plaga o enfermedad (Hardon 1996). Ahora bien, en muchos casos el mejoramiento formal es más eficiente porque produce rendimientos altos y resistencia a las enfermedades económicamente importantes (Ceccarelli 1996). La selección de germoplasma no sólo es realizada por los agricultores tradicionales; ha reaparecido también, como enseña un caso de Filipinas, en la selección de semillas que practican algunos agricultores modernos provistos de variedades tradicionales y asociados con un programa de agricultura orgánica (Berg 1996b).

El FMP no sólo contribuye al mejoramiento de un cultivo sino a mantener también la diversidad genética dentro del sistema de producción (Ashby et al. 1996; Eyzaguirre e Iwanaga 1996; Hardon 1996; Weltzien et al. 1996). Sthapit et al. (1996) señalaron que la diversidad de genes, a nivel de la explotación agropecuaria, aumentaba a consecuencia del FMP y en la medida en que los agricultores hacían la selección del material vegetal de la F5 en adelante. Los agricultores seleccionaron dos variedades de arroz a partir de un lote de semilla obtenido de los mejoradores. En consecuencia, Sthapit et al. (1996) afirman que emplear los recursos genéticos para satisfacer las necesidades de los agricultores es una manera realista de promover la conservación *in situ*; los genes indígenas se combinarán así con acervos de genes favorables dentro de los ambientes locales.

La diversidad genética es muy importante para el desarrollo del frijol en el Distrito de los Grandes Lagos en Africa, debido a los microclimas diferentes y a las condiciones climáticas fluctuantes (Scheidegger y Buruchara 1993; Scheidegger y Sperling 1993; Sperling y Berkowitz 1994; Sperling et al. 1993). También aquí, el FMP condujo a la introducción de más materiales para los agricultores. Estos materiales, sin embargo, no remplazaban completamente los materiales existentes ya que estaban, prácticamente, incluidos en las mezclas de semilla que se usaban o bien se cultivaban en pequeñas áreas. De este modo, la gama de diversidad genética que se usaba era bastante amplia (Sperling et al. 1993).

Seguimiento a la diversidad

Estos pocos ejemplos ilustran la manera como la diversidad genética se mantiene mediante el FMP. Witcombe y Joshi (1996a) hacen un resumen teórico claro del impacto que hacen las diferentes formas de FMP en la diversidad genética tanto en el espacio como a lo largo del tiempo. Tratan, en primer lugar, los posibles efectos que tendría el remplazo de las variedades existentes por materiales recién desarrollados. Estas implicaciones pueden diferir mucho porque los materiales nuevos podrían ser adicionales, y tendrán entonces una participación relativamente pequeña como en el caso del frijol en Rwanda; en otros casos,

aunque remplacen algunas variedades existentes, esta sustitución puede tener consecuencias positivas o negativas. Estas dependen de la magnitud del remplazo, de la composición genética del material nuevo, de la relación genética entre los materiales nuevos y los existentes, y del sistema de mejoramiento existente. En conclusión, se requiere hacer más estudios para conocer realmente los flujos de genes de los sistemas tradicionales agrícolas, la influencia que el FMP tiene en ellos y, en consecuencia, la diversidad genética mantenida en el sistema agrícola.

Como el FMP y la conservación en las fincas son procesos dinámicos, es importante hacer un seguimiento continuo de la diversidad genética en esos sistemas. Pueden ocurrir cambios, como el desplazamiento de los alelos de las razas nativas. En la mayor parte de Rwanda, es común cultivar frijol arbustivo de una enorme variedad de razas nativas y de las mezclas que hacen los agricultores. Ahora bien, últimamente los agricultores se han inclinado por remplazar el frijol arbustivo por frijol trepador (Sperling et al. 1994). Es importante seguir este movimiento y ver las consecuencias que tiene para el mantenimiento de la diversidad del frijol arbustivo. En Nigeria hay otro ejemplo que indica la importancia del seguimiento. El maíz es un producto importante para los agricultores del sur de Nigeria quienes, durante muchos años, desarrollaron varias razas nativas apropiadas para esa región. La multiplicación de esas razas nativas era muy complicada y la calidad de la semilla de los materiales usados era deficiente. Cuando comenzó el cultivo del maíz en el norte y su producto se extendió a los agricultores del sur, éstos se dieron cuenta de que las semillas de este producto tenían una tasa de germinación mucho mayor. Por ello, los agricultores del sur comenzaron a sembrar las variedades del norte y abandonaron las propias (Franzen et al. 1996). Para estar seguros de que no se perderá la diversidad genética cuando se hace conservación en las fincas relacionada posiblemente con el FMP o con otros procesos de desarrollo, se aconseja obtener copias de respaldo de los materiales mediante otras metodologías de conservación (Brush 1991; 1995; Eyzaguirre e Iwanaga 1996; Franzen et al. 1996; Jarvis y Hodgkin 1998).

Otras Metodologías de Conservación

Existen varias metodologías *ex situ* que responden a diversas metodologías de conservación *in situ*, como la conservación en las fincas y la conservación en reservas en que varía el nivel de participación humana. La conservación *ex situ* consiste en la conservación de los recursos genéticos fuera de su hábitat original.

El *almacenamiento de semillas* es el método de conservación *ex situ* más empleado, ya que muchas especies, denominadas ortodoxas, producen semillas que pueden ser secadas hasta lograr un contenido bajo de humedad y almacenadas luego a bajas temperaturas durante un tiempo prolongado. Sin embargo, varias especies, en particular las de los trópicos, tienen semillas recalcitrantes que no resisten la desecación y son a menudo susceptibles a las heladas; por tanto, no pueden almacenarse en seco a bajas temperaturas, ni siquiera durante períodos cortos.

Los cultivos propagados vegetativamente representan otra categoría de especies 'difíciles', ya que no producen semillas o las que producen son muy heterocigotas; por consiguiente, su interés es limitado para la conservación de los genotipos madre. Actualmente, el método más común para preservar los recursos genéticos de las especies difíciles es en forma vegetativa y en el campo, es decir, estableciendo *bancos de germoplasma en el campo*.

Las técnicas de *cultivo in vitro* son de sumo interés para la conservación de los cultivos difíciles; además, el crecimiento lento y las técnicas de criopreservación se encuentran en desarrollo y se aplican a numerosos cultivos. Las primeras permiten su conservación a mediano plazo y las últimas a largo plazo. La conservación del polen es otra opción adicional para la conservación *ex situ* y el almacenamiento de ADN se desarrollará en un futuro no muy lejano (Engels y Wood 1999).

Estrategias complementarias de conservación

Las estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* no son excluyentes entre sí sino complementarias. Para que una estrategia de conservación sea aceptable, eficiente en relación con su costo y segura, debe basarse en una combinación de diferentes métodos de conservación.

La importancia de las metodologías complementarias para lograr una conservación más completa, más segura y eficaz en relación con los costos ha sido reconocida ampliamente (Berthaud et al. 1997; Brush 1995; Damania 1996; Hawtin et al. 1996; IBPGR 1991; Maxted et al. 1997; Withers 1991; Withers et al. 1993). Por ejemplo, Withers (1994) explicó las ventajas del uso complementario de las metodologías de conservación de la yuca. Sugirió que, además de la conservación en bancos de germoplasma de campo, podrían ser alternativas apropiadas el almacenamiento *in vitro*, el crecimiento lento y la criopreservación; por otra parte, podría investigarse la forma en que se aplicaría el almacenamiento de semillas y la conservación *in situ* a las especies silvestres, por ejemplo. En su enfoque complementario para la conservación de los recursos genéticos del género *Coffea* en Mascareñas, Dulloo et al. (1998) sugieren que las reservas de *Coffea* deben establecerse dentro de las zonas protegidas ya existentes y extenderse a otras zonas cuando sea necesario. Además, debe establecerse un banco de germoplasma de campo en la propia zona de Mascareñas e investigar la aplicabilidad del almacenamiento *in vitro* y del almacenamiento de las semillas. En un documento sobre la conservación complementaria del género *Musa* (Sharrock y Engels 1997) se trató el sentido práctico de las diferentes metodologías de conservación. Se concluyó que todavía se necesita investigar para comprobar ese sentido práctico en algunas metodologías y encontrar así la combinación correcta de ellas para diseñar una estrategia óptima de conservación.

En ninguna de las referencias mencionadas se indica, sin embargo, la forma en que se eligen o deben elegirse las metodologías alternas de conservación. Puede haber varias razones que expliquen esta ausencia. En primer lugar, el desarrollo de una estrategia complementaria de conservación sería muy complejo; varios factores, como los de tipo biológico, socioeconómico, legal y político, así

como la diversidad de metodologías de conservación aplicables, ejercen influencia en la elección que se haga. Por otra parte, es difícil comparar los diversos factores cuando hay, casi siempre, varios grupos involucrados en el proceso cuyos intereses son diferentes y a veces contrastan fuertemente. Esa complejidad puede incrementarse por falta de información sobre el sinnúmero de criterios que se aplican al elegir las alternativas; por ejemplo, puede existir información restringida sobre el uso de ciertas metodologías de conservación para la especie que se pretende conservar y sobre la importancia de esa especie para los diferentes grupos interesados. Puede suceder también que el tiempo y los recursos sean limitados para elegir las alternativas, de manera que en vez de fundarlas en hechos y en comparaciones, hay que elegir las ad hoc. Las decisiones así tomadas tal vez no sean las mejores; pueden resultar costosas y tener consecuencias negativas potenciales para la labor de conservación a largo plazo.

Hay que reconocer que se toman decisiones ad hoc; por tanto, se siente la necesidad de desarrollar herramientas que permitan establecer prioridades y tomar decisiones en muchos campos de la agricultura y la silvicultura (Alphonse 1997; Anders y Mueller 1995; Braunschweig y Janssen 1998; Cohen 1994; Contant y Bottomley 1988; Forman 1998).

Herramientas para Apoyar Decisiones y Desarrollar una Estrategia Apropriada

Puede ser difícil y complejo el desarrollo de una estrategia complementaria para ciertas especies; por ello, el International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) está tratando de diseñar una herramienta que permita a cualquier persona interesada en la conservación de una especie o de un acervo de genes tomar decisiones bien fundamentadas sobre la conservación de ese material de manera óptima. Se ha diseñado, por tanto, un estudio de casos que emplea como modelo el acervo de genes de la yuca (*Manihot spp.*).

La gran importancia económica que tiene la yuca (*Manihot esculenta*) para muchos países en desarrollo en todo el mundo, así como el modelo excelente que ofrece a la investigación en estrategias complementarias de conservación, han favorecido la elección de este cultivo. Puede emplearse toda la gama de métodos de conservación *ex situ* e *in situ* en la conservación de los recursos genéticos de esta especie:

- Respecto a la conservación *ex situ*, la yuca se conserva tradicionalmente como planta entera en bancos de germoplasma de campo para poder preservar los genotipos.
- El almacenamiento *in vitro* de crecimiento lento de plántulas se usa habitualmente para la conservación del germoplasma de yuca.
- Se han desarrollado además protocolos de criopreservación para diversos tejidos, entre otros, los ápices de las plántulas *in vitro*, las semillas, los embriones cigóticos y los somáticos; no obstante, esta

técnica no se usa aún habitualmente para la conservación a largo plazo del germoplasma de yuca.

- La conservación *in situ* tendrá una función importante como conservación en los campos de los agricultores y en las zonas y reservas protegidas.

El proyecto se ha estructurado en tres fases que siguen los diferentes pasos reconocidos en un proceso de toma de decisiones (Herbert Simon, en Forman 1998).

- Fase de inteligencia, en la cual se identifican los problemas y las oportunidades.
- Fase de diseño, en la que se recopila la información necesaria sobre el problema o la oportunidad y se seleccionan las posibles soluciones.
- Fase de elección, en la cual se toman las decisiones.

Fase de inteligencia

En la fase de entendimiento y percepción, se identificarán los problemas y las oportunidades del proyecto con respecto a los programas de conservación. Los problemas y las oportunidades no son los mismos para todos los entes de conservación; por tanto, es conveniente identificar los diferentes objetivos que tendrían los programas de conservación. Por ejemplo, pueden relacionarse con un mandato para la conservación del cultivo dentro de un país, una región o el mundo; con el desarrollo del agro; con el rescate de materiales para evitar su extinción; y con otros aspectos. En concreto, se están definiendo los objetivos para desarrollar estrategias apropiadas de conservación en los programas colaborativos de conservación de la yuca que establecen el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), ubicado en Colombia, el Programa Nacional de Recursos Genéticos y Biotecnología (PRONARGEB), de Perú, y otro programa que está por definirse. Estos objetivos deben basarse en las necesidades de los grupos interesados. Es importante comentar, finalmente, que en esta fase no deben identificarse todavía causas y soluciones en relación con los objetivos.

Fase de diseño

En la fase de diseño se recogerá la información necesaria para tomar decisiones bien fundamentadas. En primer lugar, es importante tener información sobre las siguientes entidades: los diferentes grupos interesados, la persona que se encargará de la conservación, las personas que usan o usarán el material, y otras similares. Para lograr un buen conocimiento del germoplasma de yuca y de su conservación, la información se recopilará mediante una interacción firme con los programas nacionales, con revisiones bibliográficas y con investigaciones adicionales posibles.

Para poder tomar decisiones aceptables, debe recopilarse información sobre todos los temas que puedan influir directa o indirectamente en la conservación de

la yuca. Por consiguiente, se sugiere estudiar los temas que se mencionan a continuación. Esta lista no es exhaustiva y en cualquier etapa pueden agregarse, cambiarse o suprimirse temas:

- Diversidad genética
- Socioeconomía
- Aspectos legales
- Infraestructura
- Costos
- Análisis de riesgos
- Redes
- Documentación
- Metodologías de conservación

Con respecto a la *diversidad genética*, debe conocerse el sitio en que se originan, se encuentran y son más abundantes la yuca y sus parientes silvestres. Además, deben estudiarse los diferentes procesos de domesticación, es decir, los de América Latina, África y Asia, para saber el lugar en que se hallan los centros de genes secundarios. Las relaciones entre las diferentes especies dan información sobre los parientes silvestres más importantes que merecen ser conservados. Para determinar el material que debe recogerse, es necesario conocer también los materiales que están amenazados por la erosión genética. Es importante, además, tener una idea acerca del material que ya se ha conservado, para prevenir la duplicación de esfuerzos.

Una vez escogida una zona geográfica para la conservación de germoplasma, hay que conocer a los usuarios, los usos y los *valores de los materiales* en esa zona, porque esa información abrirá la posibilidad de la conservación *in situ*. Además, debe desarrollarse un criterio claro de los *temas políticos* que pueden influir en el desarrollo del producto, en la estructura de precios y en el desarrollo del mercado.

Con respecto a los *aspectos legales*, será de suma importancia conocer las estructuras que tienen influencia en las diferentes metodologías de conservación. En consecuencia, se requiere información sobre los derechos de los agricultores, los derechos de propiedad intelectual y la legislación en semillas, la legislación con respecto al intercambio de germoplasma y la participación en los beneficios. Además, deben conocerse las leyes de cuarentena para el intercambio de material genético.

La *infraestructura* disponible para la conservación determina las metodologías que pueden aplicarse. En consecuencia, se necesita información acerca de conocimientos y aptitudes, de la disponibilidad de cuartos de almacenamiento, refrigeradores, laboratorios y materias primas para la conservación, de la red de electricidad, del sistema de vías y de otros servicios.

Deben identificarse los diversos *riesgos* que se corren en una estrategia de conservación, para que puedan reducirse al mínimo, en cuanto sea posible. Como los recursos humanos y financieros son limitados, los conservacionistas tienen que elegir los materiales que pueden conservarse y prescindir de los que no podrían conservarse. Tienen que elegir, además, alternativas en relación con el tamaño de las muestras, la recolección de muestras y los procesos de regeneración. Todos estos aspectos incluyen riesgos, porque no todos los materiales pueden conservarse. Asimismo, el análisis de riesgos puede ser útil para estudiar la posibilidad de hacer duplicados.

Existen muchas *redes* relacionadas con la conservación de germoplasma y con el cultivo de la yuca, como la Red Mesoamericana de Recursos Fitogenéticos (REMERFI), la Red Amazónica de Recursos Fitogenéticos (TROPiGEN), el Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA) y la Red de Biotecnología de Yuca. Puede ser útil determinar la función actual de esas redes, y su posible papel en el futuro, en una estrategia de conservación de la yuca.

La *documentación* es un elemento esencial en una estrategia óptima de conservación. Los materiales conservados deben describirse, tanto en el aspecto taxonómico como agronómico. Además, debe registrarse el conocimiento autóctono. Un sistema apropiado de documentación también debe poder tratar el mantenimiento de los materiales con diferentes metodologías de conservación y en diferentes lugares. Más aún, no sólo es importante que el sistema de documentación del instituto de conservación esté bien organizado, sino que la información esté disponible para los usuarios, posiblemente a través de vínculos en Internet.

No sólo debe haber información recopilada acerca de los aspectos que influyen directa o indirectamente en el desarrollo de una estrategia de conservación, sino también acerca de las diferentes *metodologías* de conservación *in situ* y *ex situ*, propiamente dichas. Debe describirse la situación de las diferentes metodologías de conservación y su posible uso para la yuca y sus parientes silvestres y deben señalarse las investigaciones que sean necesarias. Es muy importante también conocer las ventajas y desventajas de cada una de las metodologías, con el fin de emplear las que pueden complementarse entre sí. Por último, y hasta donde sea posible, deben recopilarse datos sobre los *costos* de las diferentes metodologías de conservación.

Como puede observarse, es necesario adquirir un conjunto considerable de conocimientos antes de que tenga lugar la toma de decisiones. Para facilitar la recolección de la información, se diseñarán normas que conduzcan al usuario a lo largo de los diferentes aspectos y le permitan elegir la información y recopilarla de una manera estructurada y lógica. En cuanto sea posible, se darán ejemplos y se citarán las fuentes de la información, ya sea propia o ajena.

Fase de elección

Una vez recogida toda la información, ésta debe organizarse de tal manera que los encargados de tomar decisiones puedan seleccionar las mejores metodologías de

conservación para diseñar una estrategia óptima de conservación. Esta selección, que tiene lugar en la fase de elección, es probablemente la parte más difícil del proceso de toma de decisiones (Forman 1998).

En el pasado se describieron y emplearon diversos métodos para el establecimiento de prioridades y la toma de decisiones (Alston et al. 1995; Braunsweig y Janssen 1998; Cohen 1994; Collion y Kissi 1991; Contant y Bottomley 1988; Forman 1998; Franzel et al. 1996). Varias metodologías se basan en las características cuantitativas, las cuales no dan espacio, generalmente, para las características cualitativas; éstas últimas, por ello, no se consideran durante el proceso de toma de decisiones o son interpretadas de manera subjetiva. Sin embargo, en los últimos meses se han empleado otras metodologías que tienen en cuenta los criterios cualitativos. Una metodología que ha resultado valiosa es el *Proceso de Jerarquía Analítica* (AHP, en inglés), desarrollado por Thomas Saaty a principios de los años 70 (Anders y Mueller 1995; Alphonse 1997; Braunsweig y Janssen 1998).

Se ha escogido el AHP para el proyecto porque puede tratar problemas complejos de criterio múltiple de la vida real. Permite el empleo de criterios subjetivos de manera organizada para que contribuyan a tomar decisiones bien fundamentadas. Además, el enfoque es flexible y pueden hacerse fácilmente cambios y adaptaciones durante el proceso. Otro factor importante es la posibilidad de que los grupos interesados participen activamente en el proceso de toma de decisiones. El enfoque participativo conducirá a la obtención de resultados más objetivos, ya que las opiniones personales no se consideran. Del mismo modo se asegura la aceptación de los resultados. El AHP es también transparente, da lugar a que haya una buena comunicación entre los diferentes participantes y provee información para presentar los resultados de manera apropiada. Esto último es importante para lograr la aceptación de las decisiones. La ejecución del AHP proporciona también abundante información al encargado de tomar decisiones y le da una apreciación global bien estructurada del problema que se desea resolver, de los diferentes criterios que están en juego, y de las opiniones de los diversos grupos interesados (Alphonse 1997; Braunsweig y Janssen 1998; Forman 1998).

El AHP les permite, a quienes toman decisiones, *descomponer un problema u oportunidad complejos en una estructura jerárquica que muestre las relaciones entre los diversos objetivos, los criterios y las soluciones alternas* (Alphonse 1997; Forman 1998; Saaty y Vargas 1991). El objetivo general del problema que debe resolverse puede encontrarse en la parte superior de la jerarquía. Un ejemplo de objetivo podría ser mejorar la actual estrategia de conservación obteniendo la combinación óptima de las metodologías de conservación. En los niveles de la jerarquía situados debajo del objetivo principal se encuentran los criterios y las alternativas. Los criterios relacionados con el objetivo antes mencionado serían los costos, la seguridad, la evolución continua del material vegetal y los conocimientos requeridos. Las alternativas serían las diferentes metodologías de conservación disponibles. Para la yuca serán la conservación de semillas, la conservación en el campo, el crecimiento lento, la criopreservación, las reservas genéticas y la *conservación en las fincas*. En la **Figura 1** se presenta un esquema de una jerarquía.

Después de estructurar el problema, los encargados de tomar decisiones clasifican los objetivos y los criterios con respecto a la alternativa y obtienen, de esta manera, factores ponderativos para cada uno de los criterios y de las alternativas. La jerarquización se construye con datos exactos, con datos relativos (como bueno, promedio, deficiente) o con datos de comparaciones entre pares de opciones. Puede utilizarse también la Elección Experta, una herramienta de programación (software) desarrollada por el Dr. Ernest Forman, profesor de ciencias de la administración en la School of Business and Public Management de la George Washington University, que estructura la jerarquía, calcula la importancia relativa de cada criterio y sintetiza la información.

Información para Incluir el FMP en la Estrategia de Conservación

Como se indicó al comienzo de este tema, es muy importante definir los objetivos del trabajo de conservación. Tendrán, probablemente, mucha influencia en los trabajos de conservación en las fincas y, por ello, en el FMP. Cuando un objetivo está orientado a la conservación, es posible que la conservación en fincas no sea considerada como una herramienta muy apropiada. No obstante, si el objetivo está más orientado al desarrollo, la conservación en las fincas puede ser la apropiada y el FMP puede agregarle un valor adicional.

Es necesario recopilar mucha información para tener una idea real y más elaborada del valor y el uso posible tanto de la conservación en las fincas como del FMP. Deben describirse con sumo cuidado los agroecosistemas en que se mantiene y utiliza la diversidad genética. Asimismo, debe hacerse una descripción de los materiales existentes, tanto morfológicamente como a nivel molecular, para tener una visión general clara de la diversidad genética disponible. Asimismo, hay que conocer los tipos de FMP que pueden aplicarse, por ejemplo, la selección participativa de variedades, en el caso de Colombia (Hernández-Romero 1993), o el mejoramiento que hacen los agricultores mediante semillas sexuales que requiere una participación limitada de los científicos (Waal et al. 1997). Los diferentes métodos tendrán un impacto diferente en la diversidad genética mantenida en una zona.

Es muy importante el estudio de la percepción que tienen los agricultores del material genético. Hay que conocer la forma en que los agricultores mantienen y usan la variedad de sus materiales, entender su deseo de retenerlos o descartarlos y encontrar el puesto que ocupa la yuca en todo el proceso de producción. Hay que recoger también información sobre la manera como los agricultores adaptan sus materiales al ambiente y sobre los nuevos usos de dichos materiales. Otro aspecto intrigante es averiguar si los agricultores están más interesados en las variedades por sí mismas o en los caracteres específicos que ellas poseen (Bellon et al. 1997).

Para comprender la influencia de las presiones externas en el agroecosistema, debe recogerse información acerca del intercambio de germoplasma entre los agricultores, sobre la presión de las variedades nuevas y

homogéneas, sobre el cambio de los mercados, sobre la legislación y otros aspectos.

Los sistemas agrícolas son sistemas vivos y la diversidad genética no es estática; por lo tanto, es importante contar con un buen sistema de seguimiento en el sitio para observar la fluctuación respecto a la variación genética. La necesidad de seguimiento es especialmente importante para el FMP, que es un proceso dinámico. No sólo importa obtener conocimientos sobre los riesgos que implica la pérdida completa de los materiales, sino también sobre la composición de los diversos materiales dentro del agroecosistema. Por ejemplo, podría obtenerse información acerca de la influencia ejercida por el cultivo continuado de ciertas razas nativas, aunque a una escala mucho más pequeña (Brush 1991; 1995).

Se necesita también información sobre los costos del FMP y del sistema de seguimiento. Deben identificarse los diferentes pasos que tienen los procesos para facilitar el cálculo de los costos.

Toda la información obtenida debe permitir a quienes toman las decisiones hacer una selección apropiada de las metodologías de conservación para cumplir con los objetivos de ésta y desarrollar una estrategia de conservación. En resumen, para que se integre bien el FMP en una estrategia de conservación, debe haber una interacción positiva entre los diferentes científicos y los conservacionistas involucrados en el proceso. Asimismo, una buena documentación y un sistema de seguimiento son definitivos. La suma de estos elementos contribuirá a lograr una mejor conservación de los materiales y un acceso adecuado a ellos.

Referencias

Los acrónimos usados en esta lista se identifican a continuación:

- CABI = Commonwealth Agricultural Bureau International, Londres
- CGIAR = Consultative Group on International Agricultural Research
- CIAT = Centro Internacional de Agricultura Tropical
- FAO = Food and Agriculture Organization of the United Nations
- IBPGR = International Board for Plant Genetic Resources
- IDRC = International Development Research Centre, Canadá
- INIBAP = International Network for Improvement of Banana and Plantain
- IPGRI = International Plant Genetic Resources Institute
- ISNAR = International Service for National Agricultural Research

Almekinders C.; Elings A. 1999. Collaboration between breeders and farmers in different stages of the crop development process. Trabajo presentado en la reunión de la SfAA, sesión PB, abril 1999, Tucson, Arizona. (En impresión.)

- Alphonse C.B. 1997. Application of the analytic hierarchy process in agriculture in developing countries. *Agric. Sys.* 53:97-112.
- Altieri M.A.; Merrick L.C. 1987. *In situ* conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Econ. Bot.* 41:86-96.
- Anders M.M.; Mueller R.A.E. 1995. Managing communication and research task perceptions in interdisciplinary crops research. *Quart. J. Int. Agric.* 34:53-69.
- Ashby J.A.; Gracia T.; Guerrero M.P.; Quirós C.A.; Roa J.I.; Beltrán J.A. 1996. Innovation in the organization of participatory plant breeding. En: Eyzaguirre P.; Iwanaga M. (eds.). *Participatory plant breeding. Memorias de un taller sobre fitomejoramiento participativo*, julio 1995, Wageningen, Holanda. p 77-97. IPGRI, Roma, Italia.
- Baidu-Forson J. 1997. On-station farmer participatory varietal evaluation: A strategy for client-orientated breeding. *Exp. Agric.* 33:43-50.
- Bellon M.R. 1996. On-farm conservation as a process: An analysis of its components. En: Sperling L.; Loevinsohn M. (eds.). *Using diversity: Enhancing and maintaining genetic resources on-farm. Memorias de un taller celebrado en Nueva Delhi, India*, junio 1995. IDRC, Ottawa, Canadá. p 9-22.
- Bellon M.R.; Pham J.L.; Jackson M.T.; Maxted N.; Ford-Lloyd B.V.; Hawkes J.G. 1997. Genetic conservation: A role for rice farmers. En: Maxted N.; Ford-Lloyd B.V.; Hawkes J.G. (eds.). *Plant genetic conservation: The in situ approach*. Chapman & Hall, Londres. p 263-289.
- Berg T. 1996a. Dynamic management of plant genetic resources: Potentials of emerging grass-roots movements. FAO, Plant Production and Protection Division, Roma.
- Berg T. 1996b. Farmers managing crop diversity. En: Eyzaguirre P.; Iwanaga M. (eds.). *Participatory plant breeding. Memorias de un taller sobre mejoramiento participativo*, julio 1995, Wageningen, Holanda. IPGRI, Roma. p 31-36.
- Berthaud J.; Glaszmann J.C.; Clerget B.; Schwendiman J. 1997. Strategies for conservation of genetic resources in relation with their utilization. *Special issue* 96:1-12.
- Braunschweig T.; Janssen W. 1998. Establecimiento de prioridades en la investigación biotecnológica mediante el Proceso Jerárquico Analítico. ISNAR, La Haya, Holanda.
- Brush S.B. 1991. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Econ. Bot.* 45:153-165.
- Brush S.B. 1995. In situ conservation of landraces in centers of crop diversity. *Crop Sci.* 35:346-354.
- Ceccarelli S.; Grando S.; Booth R.H. 1996. International breeding programmes and resource-poor farmers: Crop improvement in difficult environments. En: Eyzaguirre P.; Iwanaga M. (eds.). *Participatory plant breeding. Memorias de un taller sobre fitomejoramiento participativo*, julio 1995, Wageningen, Holanda. IPGRI, Roma. p 99-116.
- Cohen J.I. 1994. Biotechnology priorities, planning, and policies. ISNAR, La Haya, Holanda.

- Contant R.B.; Bottomley, A. 1988. Priority setting in agricultural research. Documento de trabajo no. 10. ISNAR, La Haya, Holanda. 19 p.
- Damania A.B. 1996. Biodiversity conservation: A review of options complementary to standard *ex situ* methods. Plant Genetic Resources Newsletter 107:1-18.
- Dulloo M.E.; Guarino L.; Engelmann F.; Maxted N.; Newbury J.H.; Attere F.; Ford-Lloyd B.V. 1998. Complementary conservation strategies for the genus *Coffea*: A case study of Mascarene *Coffea* species. Gen. Res. Crop Evol. 45:565-579.
- Engels J.M.M.; Wood D. 1999. Conservation of agrobiodiversity. En: Wood D.; Lenné J.M. (eds.). Agrobiodiversity: Characterization, utilization and management. CABI Pub., Wallingford, R.U. p 355-385.
- Eyzaguirre P.; Iwanaga M. 1996. Farmers' contribution to maintaining genetic diversity in crops, and its role within the total genetic resources system. En: Eyzaguirre P.; Iwanaga M. (eds.). Participatory plant breeding. Memorias de un taller sobre fitomejoramiento participativo, julio 1995, Wageningen, Holanda. IPGRI, Roma. p 9-18.
- Forman E.H. 1998. Decision by objectives: How to convince others that you're right. Expert Choice Advanced Decision Support Software 1998. CD-ROM obtenible en Expert Choice, Inc., Pittsburgh, Pennsylvania.
- Franzen H. A.P.; Begemann F.; Wadsack J.A.; Rudat H. 1996. Variety improvement in the informal sector: Aspects of a new strategy. En: Eyzaguirre P.; Iwanaga M. (eds.). Participatory plant breeding. Memorias de un taller sobre fitomejoramiento participativo, julio 1995, Wageningen, Holanda. IPGRI, Roma. p 19-30.
- Hardon J. 1995. Participatory plant breeding. Conclusiones del taller sobre fitomejoramiento participativo (patrocinado por IDRC, IPGRI, FAO y CGN), julio 1995, Wageningen, Holanda. IPGRI, Roma.
- Hardon J. 1996. The global context: Breeding and crop genetic diversity. En: Eyzaguirre P.; Iwanaga M. (eds.). Participatory plant breeding. Memorias de un taller sobre fitomejoramiento participativo, julio 1995, Wageningen, Holanda. IPGRI, Roma. p 1-2.
- Hawtin G.; Iwanaga M.; Hodgkin T.; Tigerstedt P.M.A. 1996. Genetic resources in breeding for adaptation. En: XIV EUCARPIA Congress on Adaptation in Plant Breeding, agosto 1995. Jyväskylä (Finlandia) 92:255-266.
- Hernández-Romero L.A. 1993. Producers help select cassava varieties. Cassava Newsletter (CIAT) 17:1-4.
- IBPGR. 1991. A holistic approach to germplasm conservation. IBPGR Newsletter for Asia and Pacific, vol. 7.
- Jarvis D.I.; Hodgkin T. 1998. Strengthening the scientific basis of *in situ* conservation of agricultural biodiversity on farm: Options for data collecting and analysis. Memorias de un taller para desarrollar herramientas y procedimientos para la conservación *in situ* en las fincas, agosto 1997, Roma, Italia. IPGRI, Roma. p 104.

- Kiambi K.; Opolo M. 1992. Promoting traditional trees and food plants in Kenya. En: Cooper D.; Vellvé R.; Hobbelink H. (eds.). *Growing diversity: Genetic resources and local food security*. Intern. Technol. Pub., Southampton, R.U. p 53-68.
- Kornegay J.; Beltrán J.A.; Ashby, J.A. 1996. Farmers' selections within segregating populations of common bean in Colombia. En: Eyzaguirre P.; Iwanaga M. (eds.). *Participatory plant breeding. Memorias de un taller sobre fitomejoramiento participativo*, julio 1995, Wageningen, Holanda. IPGRI, Roma. p 151-159.
- Maurya D.M.; Bottrall A; Farrington J. 1988. Improved livelihoods, genetic diversity and farmer participation: A strategy for rice breeding in rainfed areas of India. *Exp. Agric.* 24:311-320.
- Maxted N.; Ford-Lloyd B.V.; Hawkes J.G. 1997. Complementary conservation strategies. En: Maxted N.; Ford-Lloyd B.V.; Hawkes J.G. (eds.). *Plant genetic conservation: The in situ approach*. Chapman & Hall, Londres. p 15-39.
- Maxted N.; Guarino L.; Landon-Myer B.; Chiwona E.A.; Crust R. 1999. Towards a model for on-farm conservation of plant genetic resources. (En impresión.)
- Prain G.; Uribe F.; Scheidegger U. 1991. Small farmers in agricultural research: Farmers participation in potato germplasm evaluation. En: Haverkort B.; Kamp J. van den; Waters-Bayer A. (eds.). *Joining farmers' experiments: Experiences in participatory technology development*. Intermediate Technology Publications, Southampton, R.U. p 235-253.
- Rhoades R.E. 1994. Indigenous people and the preservation of biodiversity. *HortSci.* 29:1222-1225.
- Salazar R. 1992. Community plant genetic resources management: Experiences in Southeast Asia. En: Cooper D.; Vellvé R.; Hobbelink H. (eds.). *Growing diversity: Genetic resources and local food security*. Intermediate Technology Publications, Southampton, R.U. p 17-29.
- Scheidegger U.C.; Buruchara R.A. 1993. Résumé des conclusions principales de l'atelier. En: Camacho L.H.; Scheidegger U.C. (eds.). *Actes de l'atelier sur les strategies de l'amelioration variétale dans la region des grands lacs*. CIAT, Cali, Colombia. p 63-64.
- Scheidegger U.C.; Sperling L. 1993. Mélanges variétaux: Les implications agronomiques et socio-économiques pour la sélection. En: Camacho L.H.; Scheidegger U.C. (eds.). *Actes de l'atelier sur les strategies de l'amelioration variétale dans la region des grands lacs*. CIAT, Cali, Colombia. p 12-14.
- Sharrock S.; Engels J. 1997. Complementary conservation: Networking banana and plantain. En: INIBAP. *Informe anual 1996*, vol. 60, p 6-9.
- Sperling L. 1996. Results, methods, and institutional issues in participatory selection: The case of beans in Rwanda. En: Eyzaguirre P.; Iwanaga M. (eds.). *Participatory plant breeding. Memorias de un taller sobre fitomejoramiento participativo*, julio 1995, Wageningen, Holanda. IPGRI, Roma. p 44-56.
- Sperling L.; Berkowitz P. 1994. Partners in selection: Bean breeders and women bean experts in Rwanda. CGIAR, Washington, D.C. 24 p.

- Sperling L.; Scheidegger U.C. 1995. Participatory selection of beans in Rwanda: Results, methods and institutional issues. No. 51, 18 p.
- Sperling L.; Loevinsohn M.E.; Ntabomvura B. 1993. Rethinking the farmer's role in plant breeding: local bean experts and on-station selection in Rwanda. *Exp. Agric.* 29:509-519.
- Sperling L.; Scheidegger U.C.; Buruchara R.A.; Nyabyenda P.; Munyanesa S. 1994. Intensifying production among smallholder farmers: The impact of improved climbing beans in Rwanda. CIAT/RESAPAC, Butare, Rwanda.
- Sthapit B.R.; Jarvis D. 1999. On-farm conservation of crop genetic resources through use. Trabajo presentado en la Fourth South Asia Coordinators' Meeting celebrada en Nepal Agricultural Research Council, Khumaltar, Katmandú, Nepal. Septiembre 1998. 18 p. (Multicopiado.)
- Sthapit B.R.; Joshi K.D.; Witcombe J.R. 1996. Farmers participatory high altitude rice breeding in Nepal: providing choice and utilizing farmers' expertise. En: Sperling L.; Loevinsohn M. (eds.). *Using diversity: Enhancing and maintaining genetic resources on-farm. Memorias de un taller celebrado en Nueva Delhi, India, junio 1995.* IDRC, Ottawa, Canadá. p 186-205.
- Teshome A.; Fahrig L.; Torrance J.K.; Lambert J.D.; Arnason T.J.; Baum B.R. 1999. Maintenance of sorghum (*Sorghum bicolor*, Poaceae) landrace diversity by farmers' selection in Ethiopia. *Econ. Bot.* 53:79-88.
- Voss J. 1996. Participatory breeding and IDRC's biodiversity programme. En: Eyzaguirre P.; Iwanaga M. (eds.). *Participatory plant breeding. Memorias de un taller sobre fitomejoramiento participativo, julio 1995, Wageningen, Holanda.* IPGRI, Roma. p 3-8.
- Waal D. den; Chinjinga F.R.; Johansson L.; Kanju F.F.; Nathaniels N. 1997. Village-based cassava breeding in Tanzania. En: Veldhuizen L. van; Waters-Bayer A.; Ramírez R.; Johnson D.A.; Thompson J. (eds.). *Farmers' research in practice: Lessons from the field.* Intermediate Technology Publications, Londres. p 83-88.
- Weltzien E.R.; Whitaker M.L.; Anders M.M. 1996. Farmer participation in pearl millet breeding for marginal environments. En: Eyzaguirre P.; Iwanaga M. (eds.). *Participatory plant breeding. Memorias de un taller sobre fitomejoramiento participativo, julio 1995, Wageningen, Holanda.* IPGRI, Roma. p 128-143.
- Wilkes H.G. 1977. Hybridization of maize and teosinte in Mexico and Guatemala and the improvement of maize. *Econ. Bot.* 31:254-293.
- Witcombe J.; Joshi A. 1996a. The impact of farmer participatory research on biodiversity of crops. En: Sperling L.; Loevinsohn M. (eds.). *Using diversity: Enhancing and maintaining genetic resources on-farm. Memorias de un taller celebrado en Nueva Delhi, India, junio 1995.* IDRC, Ottawa, Canadá. p 87-101.
- Witcombe J.; Joshi A. 1996b. Farmer participatory approaches for varietal breeding and selection and linkages to the formal seed sector. En: Eyzaguirre P.; Iwanaga M. (eds.). *Participatory plant breeding. Memorias de un taller sobre fitomejoramiento participativo, julio 1995, Wageningen, Holanda.* IPGRI, Roma. p 57-65.

- Witcombe J.R.; Joshi A.; Joshi K.D.; Sthapit B.R. 1996. Farmer participatory crop improvement; I: Varietal selection and breeding methods and their impact on biodiversity. *Exp. Agric.* 32:445-460.
- Withers L.A. 1991. Biotechnology and plant genetic resources conservation. En: Paroda R.S.; Arora R.K. (eds.). *Plant genetic resources conservation and management: Concepts and approaches*. IBPGR, Regional Office for South and Southeast Asia. p 273-297.
- Withers L.A. 1994. Constraints and prospects of complementary conservation methods and strategies for cassava germplasm. En: CIAT. *Report of the first meeting of the International Network for Cassava Genetic Resources*, agosto 1992. CIAT, Cali, Colombia. p 18-23.
- Withers L.A.; Buxton D.R.; Shibles R.; Forsberg R.A.; Blad B.L.; Asay K.H.; Paulsen G.M.; Wilson R.F. 1993. New technologies for the conservation of plant genetic resources. En: *I Conference of the International Crop Science Society*, Ames, Iowa, julio 1992. Ames, IO, E.U. p 429-435.