

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Agrobiodiversity genetic resources conservation for the development of sustainable production systems

Conservación de recursos genéticos de la agrobiodiversidad como apoyo al desarrollo de sistemas de producción sostenibles

Mario Lobo Arias¹, Clara Inés Medina Cano²

ABSTRACT

Human population growth and environmental changes require the availability of genetic diversity for the development of sustainable, efficient and competitive production systems. This means collection, conservation and characterization of the attributes present in the genetic resources of current important taxa and wild related, and promising species with development potential, which is magnified for a current genetic erosion. It requires complementary ex situ and in situ conservation strategies as well as prioritization of the diversity to be included in the process, due to the conservation costs, considering not only economic values, but also social aspects and the access limitations to genetic resources at international level. The current paper includes a revision related to the importance of the conservation of the plant, animal and microorganisms genetic resources, concerned to agrobiodiversity, with some discussion related to this topic, as well as aspects to be considered for the priorities of species and type of materials to be conserved. For such purpose, the premise is that such diversity, after added-value processes, could be used for the development of sustainable agricultural production systems.

Keywords: Germplasm bank, genetic erosion, conservation priorities.

RESUMEN

El crecimiento poblacional y los cambios en el entorno requieren de la disponibilidad de diversidad genética para el desarrollo de sistemas de producción sostenibles, eficientes y competitivos. Esto implica coleccionar, conservar y conocer los atributos de las poblaciones en mantenimiento de especies de valor actual y taxones relacionados, al igual que entidades biológicas con potencial de desarrollo, lo cual cobra importancia dada la creciente erosión genética. Esto plantea la necesidad de estrategias complementarias de conservación ex situ e in situ, dando prioridad a la variabilidad genética a ser incluida en el proceso, debido a los costos de mantenimiento, y considerar factores no sólo económicos sino también sociales, así como los limitantes actuales para acceder a la diversidad internacional. Este artículo presenta una revisión sobre la importancia de la conservación de los recursos genéticos vegetales, animales y de microorganismos de la agrobiodiversidad, e incluye una discusión y algunos aspectos requeridos para la priorización de taxones y tipo de materiales que se deben incluir en el proceso. Para ello, se parte de la premisa de que la conservación de la diversidad genética sirve para la realización de procesos de valor agregado y de utilización posterior.

Palabras clave: bancos de germoplasma, erosión genética, prioridades de conservación.

INTRODUCCIÓN

SE HA INDICADO QUE LA BIODIVERSIDAD contribuye a la productividad, sostenibilidad y estabilidad de los sistemas agrícolas independientemente del nivel de complejidad de éstos (Kessler, 2008); por otro lado, hay preocupación mundial por su pérdida acelerada (Firbank, 2005), y se ha predicho una extinción importante de especies hacia el año 2050 como secuela de los cambios en el clima y en el uso de la tierra (Jenkins, 2003; Thomas *et al.*, 2004).

Sobre lo anterior, Faith y colaboradores (2008) afirman que entre los aspectos biológicos del cambio global ninguno es más importante que la pérdida de biodiversidad; por su parte, Harvey y colaboradores (2008) aseveran que en el manejo de los sistemas tropicales, el reto

Radicado: 4 de febrero de 2009
Aprobado: 27 de abril de 2009

¹ Ph.D. Investigador titular, Grupo de Recursos Genéticos y Mejoramiento de Frutales Andinos. Corpoica, C.I. La Selva, Rionegro, Antioquia. Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. mlobo@corpoica.org.co
² Investigadora máster asociada, Grupo de Recursos Genéticos y Mejoramiento de Frutales Andinos, C.I. La Selva, Rionegro, Antioquia. cmedina@corpoica.org.co

mayor es satisfacer la demanda creciente de productos agrícolas, conservar la variabilidad genética y los servicios ecosistémicos críticos y mantener el bienestar de las poblaciones rurales.

Maxted y colaboradores (1997a) indicaron que en relación con la conservación, el reto clave para los científicos tiene tres facetas: estudiar y clasificar la diversidad biológica; detener la pérdida de los ecosistemas, especies y diversidad genética, y alimentar una población humana creciente. Posteriormente, Maxted y colaboradores (2002) postularon que la conservación de la diversidad de plantas es de importancia crítica por los beneficios directos que la humanidad puede derivar de la explotación de cultivos agrícolas y hortícolas mejorados, así como por el potencial del desarrollo de nuevas medicinas y otros productos, y por el papel que juegan los taxones vegetales en el funcionamiento de los ecosistemas naturales.

Hay dos formas de conservar los recursos genéticos de la agrobiodiversidad, *in situ* y *ex situ*, las cuales no son excluyentes, pues como ha puntualizado Brush (2000), entre otros, se puede desarrollar una estrategia complementaria de estas dos. De acuerdo con el Convenio sobre la Diversidad Biológica (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992), la primera se refiere a la conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas en los ambientes en que hayan desarrollado sus propiedades específicas. Cabe señalar que, actualmente, la mayoría de la agrobiodiversidad remanente *in situ* se encuentra en las fincas de semisubsistencia de los países más pobres y aun en los “jardines caseros” de las naciones industrializadas (Brookfield, 2001; Brookfield *et al.*, 2002; IPGRI, 2003). El mismo instrumento define la conservación *ex situ* como el mantenimiento de componentes de la diversidad fuera de sus hábitats naturales.

Cabe anotar que también existe preocupación por la pérdida de agrobiodiversidad, como conjunto, propiciada por el cambio en el uso del suelo y de su cobertura, con una consecuente transformación de los hábitats (MEA, 2005), lo que proviene en las zonas de cultivo de la reconversión de estas áreas (Pascual y Perrings, 2007). Esto ha conducido en muchos casos a deforestación y desertificación (Lambin *et al.*, 2001; Perrings y Gadgil, 2003). Lo anterior ha llevado a pensar que la sostenibilidad de las áreas agrícolas puede involucrar un *continuum* de sistemas de manejo, desde explotaciones modernas intensivas hasta sistemas tradicionales (Pascual y Perrings, 2007).

Conservación de recursos genéticos vegetales

Con relación a los recursos genéticos vegetales, Brown y Brubaker (2002) señalaron que en el siglo XX se produjo una transición grande sobre la apreciación de la diversidad genética vegetal; esto se inició con el redescubrimiento de las leyes de la herencia postuladas por Mendel y los conceptos de Johanssen que contribuyeron al desarrollo del mejoramiento de plantas, lo cual se sumó a una visión del mundo posdarwiniano de que había suficiente variabilidad genética y que ésta no estaba en riesgo.

Luego, de acuerdo con Brown y Brubaker (2002), se fue creando una conciencia de que la variabilidad genética es limitada; a propósito, Vavilov indicó en la década de 1920 y Harlan en la de 1930, una pérdida mundial de variedades tradicionales de agricultor (Scaracia-Mugnozza y Perrino, 2002). Esto creó la necesidad de conservar, lo que se derivó del hecho de que los recursos genéticos constituyen la materia prima para el desarrollo de nuevas variedades por parte de los mejoradores, las cuales son indispensables para satisfacer las demandas de una población creciente y las impuestas por nuevos limitantes derivados de la presión de las plagas, enfermedades y condiciones ambientales cambiantes (Rice, 2007).

La percepción de la pérdida de recursos genéticos de las plantas propició -en la Conferencia Técnica de FAO/IBP sobre exploración, utilización y conservación de recursos genéticos vegetales, reunida a finales de la década de 1960- la definición de una estrategia global de conservación, la cual se derivó, especialmente, de la preocupación por la desaparición de variedades de agricultor y materiales silvestres relacionados, debido a la introducción de cultivares mejorados en la agricultura moderna. La estrategia de conservación se vio favorecida por la existencia de técnicas de almacenamiento *ex situ*, a largo plazo y en frío (Scaracia-Mugnozza y Perrino, 2002); lo que, de acuerdo con Hammer y colaboradores (2003), condujo al establecimiento de colecciones de germoplasma, conocidas como bancos de genes o colecciones *ex situ*. Al respecto, Charafi y colaboradores (2008) indicaron que la conservación de los recursos genéticos es esencial para preservar los atributos de adaptación y disponer de genes importantes para el fitomejoramiento.

Como secuela de lo precedente, en la década de 1970 se produjo un esfuerzo de colecta y conservación, con estrategias para el mantenimiento de las poblaciones domesticadas (variedades de agricultor, cultivares obsoletos, poblaciones de mejoramiento, variedades mejoradas y materiales especiales) y los silvestres relacionadas con las plantas cultivadas. En el caso de las domesticadas el enfoque fue preservación *ex situ*, en bancos de germoplasma y para los silvestres *in situ*, en reservas naturales (Frankel

y Soulé, 1981). Lo anterior se complementa con el mantenimiento en las fincas de los agricultores de variedades locales, lo que corresponde a la modalidad *in situ*; con conservación y aplicación del conocimiento tradicional y posibilidades de acceso a éstas por parte de las comunidades locales (Brown, 2000). Esto último favorece el mantenimiento de materiales diversos, ya que de acuerdo con Smale y colaboradores (2004), la conservación se canaliza a variedades locales en ambientes diferentes.

Magos y colaboradores (2008) anotaron que las especies silvestres relacionadas con los cultivos y las especies cosechadas de esta índole también ameritan acciones de conservación, ya que corresponden a un conjunto importante de recursos genéticos de cada nación por su potencial de utilización, pese a lo cual sus poblaciones naturales están amenazadas por la pérdida y fragmentación de los hábitats. Lo precedente señala la necesidad de adoptar políticas y acciones de conservación de los recursos genéticos de las especies para la alimentación y la agricultura.

El peligro de erosión genética y la necesidad de estrategias de conservación llevó a la Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura de la FAO (1996) a incluir en el Plan de Acción Mundial para la Conservación y Utilización Sostenible de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura dos capítulos dedicados a actividades relacionadas con la conservación *ex situ* e *in situ*.

Maxted y colaboradores (1997b) afirmaron que la complementariedad de la conservación *ex situ* e *in situ* es especialmente importante en el caso de las especies relacionadas con las cultivadas (Gepts, 2006; Fowler y Hodgkin, 2004). Por su parte, Andersen y colaboradores (2009) afirman que la planeación de estrategias óptimas de conservación para las plantas cultivadas y silvestres es influenciada por factores biológicos y ambientales que deben considerarse desde el inicio.

Por las consideraciones expuestas, que indican la necesidad de conservar para evitar pérdidas y tener variabilidad disponible, se han conformado los bancos de germoplasma. En el caso de los vegetales, en dichos bancos se debe mantener básicamente la diversidad de especies desarrollada por agricultores (variedades locales o de agricultor), una muestra de los cultivares comerciales desarrollados por los mejoradores, los taxones relacionados del complejo silvestre-maleza y la variabilidad de especies potenciales o relegadas que se busca desarrollar o tienen posibilidades de perderse. Adicionalmente, otro componente de estas colecciones son las llamadas variedades obsoletas, que corresponden a cultivares antiguos con posibles combinaciones importantes de atributos genéticos. Sin la

comodidad y la confiabilidad de los bancos genéticos, los investigadores tendrían que realizar continuamente expediciones en búsqueda de muestras para sus programas de mejoramiento (Plucknett *et al.*, 1992).

En los bancos de germoplasma del mundo se encuentran almacenadas aproximadamente 6,1 millones de accesiones (FAO, 1997), pertenecientes a un número muy limitado de especies vegetales, y de las cuales la mayor parte, alrededor del 50%, son cultivares o líneas de mejoramiento; una tercera parte corresponde a variedades de agricultor y variedades obsoletas; y con una representación baja, aproximadamente 15%, son taxones silvestres y arvenses relacionados con las entidades cultivadas (Hammer *et al.*, 2003). En conexión con lo anterior, se ha señalado que uno de los vacíos importantes de especies en conservación está constituido por las especies subutilizadas y relegadas, con énfasis particular en los cultivares primitivos y los silvestres relacionados de los centros de origen, diversidad y cultivo (Hammer *et al.*, 2003).

La cobertura de las especies en conservación presenta desequilibrios en cuanto a la representatividad de la metapoblación global por taxón o conjunto de taxones. Así, 40% de las accesiones en conservación corresponde a cereales, de las cuales un millón de *demes* son de las tres entidades biológicas de mayor consumo: trigo, maíz y arroz; 15% a leguminosas comestibles y 10% o menos a cada uno de los grupos que comprenden hortalizas, tubérculos, raíces, frutales y plantas forrajeras (Hammer *et al.*, 2003). En línea con lo precedente, Hammer (2003) y Hammer y colaboradores (2003) informaron que las muestras almacenadas, mundialmente, pertenecen aproximadamente a 100 especies vegetales, de cerca de 7.000 empleadas por el hombre para alimentación y agricultura.

A pesar de la conformación de los bancos de germoplasma, en éstos hay una baja representación de muchas especies e incluso inexistencia de colecciones de otras, con el agravante que la diversidad agrícola continúa disminuyendo. En este contexto, Schröder, Begemann y Harrer (2007) informaron que alrededor de las tres cuartas partes de la diversidad genética de los cultivos usados en agricultura se perdió en el siglo pasado, con una erosión genética en proceso. Los investigadores agregaron que actualmente 150 cultivos corresponden al alimento de la población humana, y que 12 de éstos suministran 80% de las calorías derivadas de los vegetales; con un aporte de 60% por parte del arroz, trigo, maíz y la papa. Lo planteado puntualiza la necesidad de conservar la diversidad amenazada, para promover su utilización y suplir las necesidades del futuro y, de esta forma, apoyar el cumplimiento de la meta incluida en uno de los objetivos de Desarrollo para el Milenio, a saber: "Reducir a la mitad el hambre y la pobreza para el 2015" (IPGRI; GFAR; MSSRF, 2005).

Los agricultores han conservado la agrobiodiversidad mediante la obtención de semillas y propágulos vegetativos y su siembra continua; éste es un proceso dinámico, en el que se selecciona e introduce permanentemente variabilidad mediante el libre intercambio de materiales entre comunidades. Lo precedente ha conducido al desarrollo de las llamadas variedades locales, folclóricas, primitivas de agricultor, las cuales en concepto de Brown (2000) tienen como ventajas, entre otras, la adaptación a ambientes marginales y a estrés, con una conservación vinculada a su utilización y con un proceso evolutivo en marcha, como respuesta a cambios ambientales y presiones de patógenos y pestes.

La conservación en los entornos naturales no ha sido un patrimonio exclusivo de los países en desarrollo, con ejemplos de esfuerzos de esta índole en naciones desarrolladas; así, en Suiza se han propiciado acciones de conservación por esta vía en la zona alpina, lo cual partió del reconocimiento de la multifuncionalidad de la agricultura en áreas montañosas marginales del país, con apoyo de fondos públicos y privados para el mantenimiento de variedades locales, agroecosistemas, paisajes naturales, prácticas culturales y comunidades rurales (Bardsley y Thomas, 2004).

También se encuentran relictos de materiales primitivos en los países del norte, como es el caso de los trigos cubiertos en la zona de Asturias, España, aun cuando están en peligro de pérdida y reemplazo (Caballero, Martín y Álvarez, 2007). Se ha reportado la presencia de agrobiodiversidad en los llamados “huertos caseros” de los países industrializados, caso Hungría, considerados microagroecosistemas que proveen seguridad alimentaria y dietas de calidad (Birol, Smale y Gyovai, 2006). Los huertos citados también se encuentran en los países del trópico y han sido considerados epítome de la sostenibilidad, que suministran alimento a millones de personas, a partir de la explotación múltiple de especies, pese a lo cual han sido poco estudiados por la ciencia (Kumar y Nair, 2004).

Un componente importante de la agrobiodiversidad son las variedades locales o de agricultor manejadas por pequeños productores o grupos de éstos. Se han definido como una población o poblaciones dinámicas de una planta cultivada, genéticamente diversas, que tienen un origen histórico, identidad propia y no han sido objeto de mejoramiento formal, presentando adaptación local y asociación con sistemas tradicionales de producción (Camacho *et al.*, 2005), por lo cual se les ha relacionado con sitios geográficos específicos (Jones *et al.*, 2008).

Dulloo y colaboradores (1998) indicaron que ningún procedimiento permite conservar adecuadamente la variabilidad genética de una especie dada o un conjunto de taxones, por lo que se requiere utilizar un conjunto de diferentes técnicas de mantenimiento, en forma simultánea

y combinaciones de metodologías *ex situ* e *in situ*. También informaron que las especies del género *Coffea* se han conservado en campo como bancos de plantas vivas, por presentar semillas intermedias, por lo cual se han desarrollado protocolos complementarios, de otra índole, derivados de la biotecnología, que incluyen mantenimiento *in vitro*, en medios de crecimiento lento y crioconservación, para la conservación a corto y largo plazo, lo que es igualmente válido para entidades biológicas con semillas recalcitrantes. En este contexto, se ha afirmado que las colecciones de los frutales tropicales con semilla recalcitrante se establecen normalmente como bancos de campo, con material clonal (Tao, 2001). Estos representan combinaciones deseadas de genes y no la variabilidad de las especies, por lo cual habría posibilidades de mantener mayor diversidad genética mediante la crioconservación de tejidos o semillas.

Lobo y colaboradores (2007) propusieron un modelo de conservación dinámica de la variabilidad de *Annona cherimola* (chirimoya) y *Annona muricata* (guanábana), especies frutales con semilla ortodoxa, que consiste en mantenimiento en campo de un número limitado de individuos por accesión -debido a los costos de mantenimiento- y conservación, a largo plazo, en cuartos fríos, de semillas de un mayor número de árboles de cada población, como banco base, aspecto que permite mejor representación de la variabilidad intrapoblacional. Lo anterior se complementa con la obtención periódica de semillas de polinización abierta, provenientes de la colección de campo, lo que permite el “enriquecimiento” genético, útil para procesos de evaluación y selección de nuevos materiales por parte de los investigadores y usuarios del germoplasma.

El anterior modelo es aplicable a otros taxones consimiente ortodoxa cuya propagación se realiza vegetativamente o cuya semilla es difícil obtener o son entidades de ciclo de vida largo; las primeras están representadas por algunos tubérculos como la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) y la papa (*Solanum tuberosum*) y las segundas, por frutales que incluyen la guayaba (*Psidium guajava*) y la mora (*Rubus glaucus*). Se han propuestos sistemas dinámicos de conservación aun para especies autógamas. Así, Porcher, Gouyon y Lavigne (2004) sugirieron un modelo de esta índole, pues consideran que se debe incrementar la polinización cruzada de las plantas autógamas para limitar la pérdida de variación genética causada por tamaños poblacionales reducidos y para favorecer la emergencia de nuevas combinaciones genéticas.

Recursos genéticos animales

El hombre ha conservado grupos de animales vinculados a procesos productivos, lo que condujo a la conformación de razas. Estos conjuntos seleccionados y domesticados en forma local exhiben alta heterogeneidad, en compara-

ción con las razas mejoradas. Dado lo anterior, las comunidades nativas las conservan por los efectos positivos de la diversidad en los rendimientos y su estabilidad de un año a otro (Gliessman, 1998). En este sentido, se ha señalado que entre más heterogéneo sea el hábitat y mayores las fluctuaciones ambientales durante el período de crecimiento, más grandes serán los efectos benéficos de la diversidad (Tilman *et al.*, 1999), siendo inherente, de los agroecosistemas tropicales, los cambios ambientales tanto bióticos como abióticos durante el ciclo de vida de los animales incluidos en los sistemas de producción.

Aun cuando se ha escrito menos sobre la erosión de los recursos genéticos animales, para la alimentación y la agricultura, ésta se ha considerado más seria que la de los cultivos, ya que el acervo genético utilizado es mucho más pequeño y sólo existen unas pocas especies silvestres relacionadas (Pattison, Drucker y Anderson, 2007). Además, de las razas actuales, 70% se encuentra en los países en desarrollo, donde el riesgo de pérdida es considerable (Rege y Gibson, 2003).

Entre los factores que amenazan esta diversidad se encuentran: cruzamiento con razas importadas o su reemplazo por éstas para mejorar la productividad animal; relegamiento por cambios sociales, sistemas de producción o demandas por ciertos productos animales; urbanización y su impacto en la agricultura tradicional de animales; sequía, conflictos civiles y hambre (Rege y Gibson, 2003). Sobre lo anterior Ruto y colaboradores (2008) conceptualizaron que el reemplazo de variabilidad se ha derivado de la falta de competitividad económica por parte de los conjuntos raciales locales, lo que ha producido preocupación mundial por las consecuencias en el largo plazo derivadas de la pérdida de este tipo de diversidad.

Las razas animales poseen mayor variabilidad que cualquier variedad vegetal, lo cual permite intensificar la selección dentro de éstas como una aproximación exitosa para mejorar la producción (Tilman *et al.*, 1999). Sin embargo, la selección y el reemplazo de los animales por otros, elegidos por sus atributos, se produce a expensas de la variabilidad genética, lo cual puede conducir a la pérdida de atributos importantes relacionados con resistencia a enfermedades, fertilidad y adaptabilidad a condiciones ambientales, lo que tiene gran significado en el mediano y largo plazo.

En el caso de los animales, así como en el de los vegetales, los recursos genéticos de las especies productivas pueden ser conservados por las dos vías enumeradas previamente: *ex situ* e *in situ*. La primera incluye metodologías tales como la crioconservación de semen y embriones, y el mantenimiento de animales en localidades designadas; la segunda se refiere a la tenencia de diversas poblaciones

por granjeros en los agroecosistemas en los cuales las razas o conjuntos de individuos han evolucionado, lo que tiene como ventaja que se mantienen tanto el material genético como los procesos que originaron la variabilidad (Pattison *et al.*, 2007).

Al respecto, Rege (2003) anotó que la sostenibilidad de los esfuerzos de mejoramiento, en el largo plazo, depende de un suministro continuo de variación que puede ser desarrollada y conservada por los encargados del ganado, usando sus prácticas propias de manejo. Sin embargo, se ha señalado que este tipo de conservación puede tener problemas, ya que los factores que conducen a la adaptación pueden amenazar la seguridad de las razas de ganado, como ocurre con los casos de guerras y desastres naturales, los cuales pueden conducir a erosión genética en el tiempo (Pattison *et al.*, 2007). Adicionalmente, en los sistemas de producción, se realizan cruzamientos de animales seleccionados con otros de razas introducidas, con selección posterior de individuos superiores, lo cual conlleva a una pérdida de la variabilidad desarrollada localmente.

Los animales, al igual que las plantas, están sometidos a procesos de estrechamiento en su diversidad genética por destrucción de los hábitats naturales, donde los silvestres y relacionados de las especies utilizadas por el hombre se encuentran, lo cual se ve magnificado por la domesticación y desarrollo de conjuntos de animales uniformes y por las preferencias de los productores o consumidores por ciertas razas (Tilman *et al.*, 1999). Complementariamente, dado que una gran proporción de la tierra se utiliza para la ganadería, el cultivo y otras necesidades humanas, los individuos silvestres relacionados con los taxones incluidos en procesos productivos, están siendo cada vez más escasos, reduciéndose el polimorfismo genético presente en éstos, y las oportunidades para incorporar esta variabilidad en los animales utilizados por el hombre.

Para los recursos genéticos animales la conservación *in situ* es una buena alternativa para el mantenimiento y evolución de la variabilidad genética, dado su criterio dinámico. Sin embargo, los cambios en el entorno, la oferta de ejemplares de alta capacidad productiva y otros factores como los desplazamientos masivos por fenómenos de violencia han aumentado los riesgos de pérdida de diversidad en los agroecosistemas de agricultura tradicional, lugares donde se encuentra una variabilidad intraespecífica importante, lo cual también es válido para las especies y variantes de éstas en los recursos genéticos vegetales. Lo anterior es un aspecto crítico en Colombia por ser, según las estadísticas de la ACNUR (ONU, 2008), el país con mayor número de desplazados en el mundo: tres millones de personas.

La diversidad genética también se ha reducido, mundialmente, en los animales incluidos en sistemas productivos; a propósito se señala que el número de razas ha declinado sustancialmente en los últimos 50 años (Tilman *et al.*, 1999). Así, alrededor de 30% de éstas, correspondiente a mamíferos y aves, conectadas a procesos productivos, están en riesgo de pérdida, como consecuencia de la producción comercial que ha conducido a uniformidad genética. Lo anterior ha llevado a formular que es imperativo que la diversidad genética de razas raras y en peligro y sus ancestros sea preservada como un seguro para las necesidades futuras, especialmente para el control genético de nuevas enfermedades y parásitos y adaptación a nuevos ambientes o aquellos que son producto del cambio climático global en marcha (Tilman *et al.*, 1999).

Gibson y colaboradores (2007) indicaron que la conservación efectiva, tanto *in situ* como *ex situ*, de los recursos genéticos de los animales empleados por el hombre para la alimentación implica un aporte sustancial de recursos sociales y económicos en períodos prolongados de tiempo. Estos recursos sociales y económicos, a menudo, están disponibles en el mundo desarrollado, pero no en las naciones en desarrollo, donde se encuentra una gran proporción de la diversidad genética, aspecto que conduce a tomar decisiones sobre qué conservar. En ambos tipos de países es importante asumir la conservación con base en procesos previos de caracterización de la diversidad, para lo cual la caracterización fenotípica es una medida indirecta del polimorfismo, que da un estimado "crudo" de las variantes funcionales de los genes portados por un animal o una población (Gibson *et al.*, 2007). En línea con lo expuesto, Talle y colaboradores (2005) puntualizaron que la conciencia del valor de los recursos genéticos animales ha estimulado el estudio de la diversidad genética de las razas locales, que puede ser caracterizada usando información fenotípica y genotípica para determinar prioridades de conservación. Se deben considerar, adicionalmente, otros criterios como el peligro de pérdida, presencia de atributos de importancia económica o científica, y valores ecológicos, históricos y culturales.

En contexto con la pérdida de recursos genéticos animales debido a la selección de razas mejoradas -que contribuyen en forma directa a suplir las necesidades humanas de una manera más eficiente- Drucker (2004) señaló que el primer desafío de su conservación es identificar las razones por las cuales la sociedad debe preservar los animales que los manejadores han descartado; lo cual incluye la caracterización y cuantificación de los beneficios sociales potenciales de aquellos que han sido relegados por el mercado.

El mantenimiento de este tipo de recursos genéticos debe privilegiar especies y conjuntos intraespecíficos de cada zona, donde las razas locales son mantenidas

e intercambiadas por un gran número de pequeños productores, en contraste con las mejoradas que están asociadas con hatos grandes y concentración en el sector (Hoffmann, 2007). La conservación de esta variabilidad genética, importante por su adaptación a las condiciones locales, debe llevarse a cabo en los agroecosistemas en los que ha evolucionado. Esto implica un apoyo monetario para evitar su reemplazo por razas mejoradas cuyo costo potencial, de acuerdo con Pattison y colaboradores (2007), depende ampliamente de su cobertura; esto es, del número de conjuntos de animales objeto del programa, de la extensión del área seleccionada para tal fin y del número de productores considerado necesario para un nivel adecuado de seguridad de éste. Los tenedores de estos conjuntos de animales son individuos con tradición en el área, que tienen un conocimiento profundo del ambiente natural en que éstos prosperan (Pattison *et al.* 2007).

Adicionalmente, los cambios en el entorno han conducido a que la gente joven de las áreas donde existen las razas locales no se interese en el manejo de los animales y prefiera migrar a las ciudades, lo cual causa pérdida del acervo de conocimientos sobre el ambiente y los animales (Köhler-Rollefson, 2003). Lo anterior, sumado a los factores de desplazamiento (ONU, 2008), es una amenaza para la conservación de estos conjuntos de individuos empleados para alimentación y otros propósitos, que tienen adaptación a ambientes específicos diversos. Lo anterior puntualiza la importancia del desarrollo de estrategias complementarias de conservación *in vivo* e *in vitro*.

Recursos genéticos de microorganismos

En los microorganismos, considerando la riqueza casi inconmensurable de este recurso, la conservación parte de una definición cuidadosa del tipo de entes biológicos a ser incluidos en ella. Es importante anotar que la preservación de estas colecciones generalmente se ha derivado de intereses científicos y privados, lo cual conlleva a que cuando los investigadores se retiran, las mismas se pierden, aspecto atribuible a la falta de interés y de fondos para continuar con el mantenimiento. Tilman y colaboradores (1999) señalaron que dichas colecciones son producto de toda una vida de trabajo de muchos investigadores, lo que puntualiza que el soporte público es esencial para que este recurso biológico se conserve y esté disponible para ser empleado en la agricultura. Estos autores también señalan que se ha dado muy poca atención a la conservación del germoplasma de microorganismos, el cual representa un enorme recurso genético para ser utilizado en la agricultura; y está sometido a pérdida por factores como la destrucción y fragmentación de hábitats, la conversión de ecosistemas a agroecosistemas, la erosión de los recursos animales y vegetales

asociados, y la polución y aplicación de agroquímicos en los procesos productivos, entre otros.

En contraste con su vulnerabilidad, se ha indicado que ningún ente biológico permite una mejor conservación *ex situ* que los microorganismos (Sampson *et al.*, 1996) y que las colecciones microbiales pueden mantenerse por períodos largos de tiempo, tanto en forma activa, con subcultivos regulares, como anabióticamente en condiciones que aseguran estabilidad durante décadas (Gams, 2002).

Se ha señalado que el mantenimiento de cepas de este conjunto de especies se ha realizado en medios de cultivo, con transferencia serial, durante décadas, sin cambios fenotípicos o genotípicos obvios (Müller *et al.*, 2005). Según Day y Stacey (2008) este procedimiento ya no es considerado una práctica estándar para la mayoría de especies de esta índole, lo que se deriva del hecho de que los cultivos activos en crecimiento sufren complicaciones derivadas de la adaptación al ambiente *in vitro*, mutaciones genéticas, anormalidades cromosómicas, mezcla de accesiones por fallas en la transferencia o el marcado de éstas, contaminación y pérdida accidental de los cultivos, por lo cual se consideró necesario el desarrollo de mecanismos para detener el crecimiento y reducir los riesgos anteriores. Estos autores indicaron que la conservación de microorganismos a largo plazo depende de la inducción de las células a entrar en un estado metabólicamente inactivo, para lo cual las formas más empleadas comúnmente son la congelación y secado o tratamientos de criopreservación.

Desde el punto de vista operacional, la congelación y secado se define como un método de deshidratación de las células por desecación a través de vacío (Adams, 2007); este procedimiento, conocido también como liofilización, es ampliamente empleado para conservar cultivos de bacterias y hongos (Tindall, 2007). La criopreservación es un método empleado crecientemente para la preservación de microorganismos por parte de los llamados biobancos o centros de recursos biológicos, los cuales se concentran en grupos discretos de organismos (Day y Stacey, 2008).

Al respecto se ha postulado que en condiciones de almacenamiento a temperaturas ultrabajas (inferiores a -135°C) no debe ocurrir deterioro del material o éste es muy reducido, y que la viabilidad es independiente del tiempo de almacenamiento. Walters y colaboradores (2004) indicaron que la viabilidad media del material crioconservado se estima en 3.000 años. Day y Stacey (2008) postulan que hay cuatro premisas fundamentales que deben cumplirse en los biobancos: 1. pureza, esto es, que las accesiones estén libres de organismos contaminantes; 2. autenticidad, lo que corresponde a la iden-

tidad correcta de cada material, idealmente, con identificación taxonómica y número de entrada a la colección; 3. estabilidad, relacionada con características funcionales correctas; 4. datos de cualificación relacionados con cada material preservado.

Prioridades de conservación

Dado el número elevado de especies, particularmente en el caso de vegetales y microorganismos, y la variabilidad dentro de ellas, es imposible mantener, en el ámbito nacional, colecciones de todos los taxones de uso actual o con potencial de empleo futuro. Por ello, se requiere priorizar cuáles entidades biológicas deben ser conservadas y los tipos de materiales que deben incluirse.

Al respecto Maxted y colaboradores (1997b) subrayaron que los factores a tener en cuenta para seleccionar los recursos genéticos que se deben conservar son los siguientes: potencial económico de uso; peligro de erosión genética; diversidad genética; distribución ecogeográfica; importancia biológica y cultural; estado actual de conservación; costo; factibilidad y sostenibilidad; legislación, y consideraciones éticas y estéticas. Otros temas a tener en cuenta en el diseño de una política de conservación nacional son: 1. La inexistencia de intercambio libre de recursos genéticos entre países, a partir del reconocimiento explícito de la soberanía nacional sobre dichos recursos en el Convenio sobre Diversidad Biológica (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992). 2. En el caso de los vegetales, la promulgación del Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2001), que creó un sistema multilateral de acceso facilitado a los recursos fitogenéticos que están bajo la administración y el control de las partes contratantes y son del dominio público (lo cual comprende los bancos de germoplasma), de un listado de especies incluidas en su anexo 1. Estas especies se seleccionaron con base en los criterios de interdependencia y seguridad alimentaria, cuyo acceso se concede con fines de utilización y conservación para la investigación, el mejoramiento y la capacitación para la alimentación y la agricultura (FAO, 2001).

En concepto de Fowler (2004), el mencionado Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura reversa las restricciones del flujo de germoplasma impuestas por el Convenio sobre Diversidad Biológica y da esperanza de que el daño causado por la falta de acceso facilitado sea subsanado, en el conjunto de taxones incluidos en el sistema multilateral. En el contexto precedente, Cooper (2002) destacó que la pieza central del Tratado es el sistema multilateral, el cual garantiza el acceso facilitado a los recursos genéticos de las espe-

cies vegetales más importantes para la alimentación y a forrajes para el ganado, lo cual permite el desarrollo de variedades mejoradas para suplir las demandas crecientes de alimentos y abordar tópicos como el cambio climático global. Este instrumento brinda un elemento para la definición de especies y conjunto de materiales a conservar por especies. Lo anterior permite conocer a qué se puede acceder del listado y, con base en esto, determinar las poblaciones específicas, de los taxones enumerados en el Sistema Multilateral, que pueden obtenerse sin restricciones a partir de éste, lo que permitiría reducir poblaciones en conservación. Este aspecto debe complementarse con el mantenimiento de aquellas poblaciones que han evolucionado en el país, en el caso de especies introducidas, de los taxones incluidos en la lista de acceso facilitado, los cuales han desarrollado atributos genéticos de adaptación a las condiciones locales.

La necesidad de definir las especies que deben mantenerse vivas *ex situ* se debe a que las actividades de conservación tendrán siempre el limitante de la falta de recursos financieros y técnicos (Abramovitz, 1994). Además, ya que no todos los taxones son igualmente importantes, significa que el curador está forzado a priorizar las especies objeto de programas de conservación; por lo cual algunas entidades biológicas y poblaciones deben seleccionarse para protección *in situ* y para colecta y mantenimiento *ex situ*, en tanto que otras no; aspecto para el cual es crucial tener alguna noción del valor de la diversidad representada por dichas especies y poblaciones (Maxted *et al.*, 1997b).

La importancia de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura -por lo cual son deseados o valorados-, la clase de materiales a ser colectados y la manera en que son explotados, desarrollados y comercializados son fruto de reflexiones a través del tiempo y, en particular, de la capacidad de la gente y las instituciones para usar los materiales, de la tecnología disponible para este propósito y de la naturaleza de los mercados para los cuales se producen (Fowler y Hodgkin, 2004).

La conservación de recursos genéticos animales implica costos importantes, ya que el mantenimiento de las razas debe llevarse a cabo en los agroecosistemas en que éstas han evolucionado. Para ello se precisa adquirir terrenos y desarrollar la infraestructura necesaria para tal fin, en sitios ubicados en zonas con condiciones ambientales apropiadas para las especies y grupos seleccionados. Esto requiere una definición cuidadosa de los taxones y los núcleos a conservar con base en consideraciones de peligros de pérdida y de necesidad de apoyo a los planes de desarrollo nacionales, como también definir los tamaños poblacionales apropiados

y el diseño de una estrategia de apareamiento para mantener en un mínimo la endogamia. También, esto requiere de fondos para la conservación, como estrategia complementaria, de semen y embriones de las razas en conservación (Talle *et al.*, 2005) y de individuos de éstas no presentes en los sitios de mantenimiento, así como de otras no incluidas en el programa de mantenimiento *in vivo*, por razones económicas.

Adicionalmente, la agrobiodiversidad en conservación debe caracterizarse adecuadamente para darle valor agregado y promover su utilización en procesos productivos (Lobo, 2008); esto permite conocer la variabilidad de los materiales de las colecciones, determinar necesidades de consecución de atributos no presentes en la metapoblación de éstas e identificar duplicados, lo que hace más eficiente el proceso de mantenimiento, por reducción del número de subpoblaciones en conservación. Al respecto, Engelmann y Engels (2002) indicaron que el número de accesiones en un banco de germoplasma tiene un efecto directo en los costos operacionales.

CONCLUSIONES

Existen amenazas de erosión genética en las especies relacionadas con la agrobiodiversidad. Esto implica la necesidad de acciones de conservación para apoyar el desarrollo de sistemas de producción sostenible que permitan afrontar los retos del crecimiento poblacional y de los cambios en el entorno.

La agrobiodiversidad debe estar disponible para procesos de investigación y producción, por lo cual cobran importancia las colecciones *ex situ*, las cuales son complementarias a los procesos de conservación *in situ*.

Los materiales a vincular a las colecciones *ex situ* o bancos de germoplasma vegetales son principalmente las variedades locales o de agricultor y las especies relacionadas, y los taxones promisorios; así como las variedades obsoletas y una muestra de los cultivares comerciales.

En el caso de los animales, los bancos de germoplasma deben constituirse principalmente con las razas nativas y criollas que han evolucionado en el medio ambiente del país.

En cuanto a microorganismos, una vez definidas las categorías y especies a conservar, éstas deben privilegiar básicamente cepas nativas.

Dado el costo de la conservación, las especies y materiales objeto del programa deben priorizarse, lo cual implica conocer el valor y potencial de éstos.

REFERENCIAS

- Abramovitz JN. 1994. Trends in biodiversity investments. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Adams G. 2007. The principles of freeze-drying. En: Day JG, Stacey GN, (eds.), *Methods in molecular biology*, Vol. 368: Cryopreservation and freeze-drying protocols, Totowa NJ, USA, Humana Press, pp. 1-14.
- Andersen NS, Poulsen G, Andersen BA, Kiær LP, D'Hertefeldt T, Wilkinson MJ, Jørgensen RB. 2009. Processes affecting genetic structure and conservation: a case study of wild and cultivated *Brassica rapa*. *Genetic Resources Crop Evolution* 56:189-200.
- Bardsley D, Thomas I. 2004. In situ agrobiodiversity conservation in the Swiss inner Alpine zone. *GeoJournal* 60(2): 99-109.
- Birol E, Smale M, Gyovai A. 2006. Using a Choice Experiment to Estimate Farmer's Valuation of Agrobiodiversity on Hungarian Small Farms. *Environmental & Resource Economics*. 34(4): 439-469.
- Brookfield H. 2001. *Exploring Agrobiodiversity*. New York, Columbia University Press.
- Brookfield H, Padoch, C, Parsons H, Stocking M. 2002. *Cultivating Biodiversity: Understanding, Analysing and Using Agricultural Diversity*. London, The United Nations University, ITDG Publications.
- Brown AHD. 2000. The genetic structure of crop landraces and the challenge to conserve them in situ on farms. En: Brush SB, (ed.), *Genes in the Field. On-Farm Conservation of Crop Diversity*. IPGRI, IDRC. Lewis Publishers, pp. 29-48.
- Brown AHD, Brubaker CL. 2002. Indicators for sustainable management of plant genetic resources: How well are we doing? En: Engels JMM, Rao RV, Brown AHD, Jackson MT, (eds.), *Managing Plant Genetic Diversity*, Oxford, CABI Publishing, pp. 249-261.
- Brush SB. 2000. The issues of in situ conservation of crop genetic resources. In: Brush SB, (ed.), *Genes in the Field. On-Farm Conservation of Crop Diversity*, IPGRI, IDRC, Lewis Publishers. Pp. 3-26.
- Caballero L, Martín LM, Álvarez JB. 2007. Agrobiodiversity of hulled wheats in Asturias (North of Spain). *Genetic Resources and Crop Evolution* 54:267-277.
- Camacho TC, Maxted N, Scholten MA, Ford-Lloyd BV. 2005. Defining and identifying crop landraces. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 3(3):373-384.
- Charafi J, El Meziane A, Moukhli A, Boulouha B, El Modafar C, Khadari B. 2008. Menara gardens: a Moroccan olive germplasm collection identified by a SSR locus-based genetic study. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55(6):893-900.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. 1992. En: *Convenio sobre Diversidad Biológica*, <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>, Consulta: mayo 17 de 2008.
- Cooper HD. 2002. The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. *Reciel* 11(1):1-16.
- Day JG, Stacey G. 2008. Biobanking. *Molecular Biotechnology* 40:202-213.
- Drucker AG. 2004. The economics of farm animal genetic resource conservation and sustainable use: why is it important and what have we learned? Background Study Paper No. 21. FAO, Rome, 9p.
- Dulloo ME, Guarino L, Engelmann F, Maxted N, Newbury JH, Attere F, Ford-Lloyd BV. 1998. Complementary conservation strategies for the genus *Coffea*: A case study of Mascarene *Coffea* species. *Genetic Resources and Crop Evolution* 45(6): 565-579.
- Engelmann F, Engels JMM. 2002. Technologies and Strategies for ex situ conservation. En: Engels JMM, Rao VR, Brown AHD, Jackson MT, (eds.), *Managing Plant Genetic Diversity*, Oxford, Cabi Publishing, pp. 89-104.
- Faith DP, Ferrier S, Williams KJ. 2008. Getting biodiversity intactness indices right: ensuring that 'biodiversity' reflects 'diversity'. *Global Change Biology* 14(2): 207-217.
- FAO. 1997. *The state of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome, FAO, 444p.
- FAO. 1996. *Global Plan of Action for the Conservation and Sustainable Utilization of Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Leipzig, 17-23 June, 1996. 63p.
- FAO. 2001. *International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome, Italy.
- Firbank LG. 2005. Striking a new balance between agricultural production and biodiversity. *Annals of Applied Biology* 146(2):163-175.
- Fowler C. 2004. Accessing genetic resources: international law establishes multilateral system. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51(6): 609-620.
- Fowler C, Hodgkin, T. 2004. *Plant Genetic Resources for Food and Agriculture: Assessing Global Availability*. Annual review of environment and resources 29:143-79.
- Frankel OH, Soule ME. 1981. *Conservation and Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 327 p.
- Gams W. 2002. Ex situ Conservation of Microbial Diversity. En: Sivasithamparam K, Dixon KW, Barrett RL, (eds.) *Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity*, Kluwer Academic Publishers, Springer Netherlands, 1^a ed., pp. 269-283.
- Gepts P. 2006. Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. *Crop Science* 6:2278-2292
- Gibson JP, Ayalew W, Hanotte O. 2007. Measures of Diversity as Inputs for Decisions in Conservation of Livestock Genetic Resources. En: Jarvis DI, Padoch C, Cooper HD, (eds.), *Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems*. Bioversity International, Columbia University Press, New York, pp. 117-140.
- Gliessman S. 1989. *Agroecology: The Ecological Basis of Sustainable Agriculture*. 1^a ed., CRC Press, Chelsea, Michigan, USA.
- Hammer K. 2003. A paradigm shift in the discipline of plant genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50(1):3-10.
- Hammer K, Arrowsmith N, Glasdis T. 2003. Agrobiodiversity with emphasis on plant genetic resources. *Naturwissenschaften* 90(6):241-250.
- Harvey CA, Komar O, Chazdon R, Ferguson BG, Finegan B, Griffith DM, Martínez-Ramos M, Morales H, Nigh R, Soto-Pinto L, Van Breugel M, Wishnie M. 2008. Integrating Agricultural Landscapes with Biodiversity Conservation in the Mesoamerican Hotspot. *Conservation Biology* 22(1): 8-15.
- Hoffmann I. 2007. Management of Farm Animal Genetic Resources: Change and Interaction. En: Jarvis DI, Padoch C, Cooper HD, (eds.), *Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems*. Bioversity International, Columbia Press University, New York, pp. 141-180.
- International Plant Genetic Resources Institute, IPGRI. 2003. *Home Gardens and the In situ Conservation of Plant Genetic Resources*, Rome: International Plant Genetic Resources Institute. En: <http://www.ipgri.cgiar.org/system/page.asp?frame=publications/indexpub.htm>.
- International Plant Genetic Resources Institute, IPGRI; Global Facilitation Unit For Underutilized Species, GFAR; M.S. Swaminathan Research Foundation, MSSRF. 2005. *La agrobiodiversidad y la erradicación del hambre y la pobreza, cinco años después*. Plataforma de Chennai para la Acción, IPGRI, GFAR, MSSRF. Sp.
- Jenkins M. 2003. Prospects for biodiversity. *Science* 302(5648):1175-1177.
- Jones H, Lister DL, Bower MA, Leigh FJ, Smith LM, Jones MK. 2008. Approaches and constraints of using existing landrace and extant

- plant material to understand agricultural spread in prehistory. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 6(2):98-112.
- Kessler JJ. 2008. Agro-Commodity Production Systems. *Ecosystems* 11:283-306.
- Köhler-Rollefson. 2003. Community based management of animal genetic resources, with special reference to pastoralists. En: *Proceedings of the Workshop on Community Based Management of Animal Genetic Resources. A Tool for Rural Development and Food Security, Mbabane, Swaziland, May 7-11, 2001, Rome, FAO*, pp. 13-26.
- Kumar BM, Nair PKR. 2004. The enigma of tropical homegardens. *Agroforestry Systems* 61(1):135-162.
- Lambin EF, Turner IBL, Geist HJ, Agbola S, Angelsen A, Bruce JW, Coomes O, Dirzo R, Fischer G, Folke C, George PS, Homewood K, Imbernon J, Leemans R, Li X, Moran EF, Mortimore M, Ramakrishnan PS, Richards JF, Skanes H, Steffen W, Stone GD, Svedin U, Veldkamp T, Vogel C, Xu J, 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11(4): 261-269.
- Lobo M. 2008. Importancia de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad en el desarrollo de sistemas de producción sostenible. *Revista Corpoica* 9(2):19-30.
- Lobo M, Delgado O, Cartagena JR, Fernández E, Medina CI. 2007. Categorización de la germinación y la latencia en semillas de chirimoya (*Annona cherimola* L.) y guanábana (*Annona muricata* L.), como apoyo a programas de conservación de germoplasma. *Agronomía Colombiana* 25(2):231-244.
- Magos BJ, Maxted N, Ford-Lloyd BV, Martins-Loução MA. 2008. National inventories of crop wild relatives and wild harvested plants: case-study for Portugal. *Genet Resour Crop Evol* 55(6):779-796.
- Maxted N, Ford-Lloyd BV, Hawkes JG. 1997a. Complementary conservation strategies. En: Maxted N, Ford-Lloyd BV, Hawkes JG, (eds.), *Plant Genetic Conservation: The In situ Approach*, 1ª ed., London, Chapman & Hall, pp. 15-40.
- Maxted N, Guarino L, Myer L, Chiwona EA. 2002. Towards a methodology for on-farm conservation of plant genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evolution* 49(1): 31-46.
- Maxted N, Hawkes JG, Guarino L, Sawkins M. 1997b. Towards the selection of taxa for plant genetic conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution* 44(4): 337-348.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.
- Müller J, Friedl T, Hepperle D, Lorenz M, & Day JG. 2005. Distinction of isolates among multiple strains of *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta, Trebouxiophyceae) and testing co specificity with amplified fragment length polymorphism and its rDNA sequences. *Journal of Phycology* 41(6): 1236-1247.
- Organización de las Naciones Unidas, ONU. 2008. ACNUR reporta cifra récord de refugiados y desplazados. En: Centro de Noticias de la ONU, <http://www.un.org/spanish/News/fullstorynews.asp?newsID=127398&criteria1=refugiados&criteria2=desplazados>, consulta: 19 de julio de 2008.
- Pascual U, Perrings C. 2007. Developing incentives and economic mechanisms for in situ biodiversity conservation in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 121(3):256-268.
- Pattison J, Drucker AG, Anderson S. 2007. The cost of conserving livestock diversity? Incentive measures and conservation options for maintaining indigenous Pelón pigs in Yucatan, Mexico. *Trop Anim Health Prod* 39(5):339-353.
- Perrings C, Gadgil M. 2003. Conserving biodiversity: reconciling local and global public benefits. En: Kaul I, Conceição P, Le Goulven K, Mendoza RL, (eds.), *Providing Global Public Goods: Managing Globalization* OUP, Oxford, pp. 532-555.
- Plucknett D, Williams JT, Smith NJH, Anishety NM. 1992. *Los Bancos Genéticos y la Alimentación Mundial*. IICA, CIAT. 260 p.
- Porcher E, Gouyon PH, Lavigne C. 2004. Dynamic management of genetic resources: maintenance of outcrossing in experimental metapopulations of a predominantly inbreeding species. *Conservation Genetics* 5(2): 259-269.
- Rege JEO. 2003. Defining livestock breeds in the context of community-based management of farm animal genetic resources. En: *Community-based Management of Animal Genetic Resources, Proceedings of a workshop held in Mbabane, Swaziland, 2001, (FAO, Rome)*, pp. 27-35.
- Rege JEO, Gibson JP. 2003. Animal genetic resources and economic development: issues in relation to economic valuation. *Ecological Economics*, 45(3): 319-330.
- Rice E. 2007. Conservation in a changing world: in situ conservation of the giant maize of Jala. *Genetic Resources and Crop Evolution* 54(4): 701-713.
- Ruto E, Garrod G, Scarpa R. 2008. Valuing animal genetic resources: a choice modeling application to indigenous cattle in Kenya. *Agricultural Economics* 38:89-98.
- Sampson RA, Stalpers JA, Van Der Mei D, Stouthamer AH. 1996. *Culture collections to improve the quality of life*. 1ª ed., (Centraalbureau voor Schimmelcultures: Baarn).
- Scarrascia-Mugnozza GT, Perrino P. 2002. The history of ex situ conservation and use of plant genetic resources. En: Engels JMM, Ramantha Rao V, Brown AHD, (eds.), *Managing Plant Genetic Diversity*, 1ª ed., Oxford, Cabi Publishing, pp. 1-22.
- Schröder S, Begemann F, Harrer S. 2007. Agrobiodiversity monitoring – documentation at European level. *Journal of Consumer Protection and Food Safety*. 2(Supplement 1): 29-32.
- Smale M, Bellon M, Jarvis D, Sthapit B. 2004. Economic concepts for designing policies to conserve crop genetic resources on farms. *Genet Resour Crop Evol* 51(2):121-135.
- Talle SB, Chenyabuga WS, Fimland E, Syrstad O, Meuwissen T, Klungland H. 2005. Use of DNA technologies for the conservation of animal genetic resources: A review. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science* 55(1): 1-8.
- Tao KL. 2001. Complementary conservation strategy for plant genetic resources. Chapter 5. En: Saad MS, Rao VR, (eds.), *Establishment and management of field genebanks. A training manual*. Roma, IPGRI, APO, pp. 46-53.
- Thomas CD, Cameron A, Green RE, Bakkenes M, Beaumont LJ, Collingham YC, Erasmus BFN, De Siqueira MF, Grainger A, Hannah L, Hughes L, Huntley B, Van Jaarsveld AS, Midgley GF, Miles L, Ortega Huerta MA, Peterson AT, Phillips OL, Williams SE. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427:145-148.
- Tilman GD, Duvick DN, Brush SB, Cook RJ, Daily GC, Naem S, Nottter D. 1999. *Benefits of Biodiversity*. Council for Agricultural Science and Technology. Council for Agricultural Science and Technology. Iowa, CAST. Ames.
- Tindall BJ. 2007. Vacuum drying and cryopreservation of prokaryotes. En: Day JG, Stacey GN, (eds.), *Cryopreservation and freeze-drying protocols (Methods in molecular biology: vol. 368)*, 2ª ed., Humana Press, Totowa, NJ. USA, pp. 73-98.
- Walters C, Wheeler L, Stanwood PC. 2004. Longevity of cryogenically stored seeds. *Cryobiology* 48(3): 229-244.