

## XIV. Estrategias de conservación *ex situ*

Richard Primack  
Francisca Massardo

LA MEJOR ESTRATEGIA para la protección de la diversidad biológica a largo plazo es la preservación de las comunidades naturales y poblaciones silvestres, método conocido como *conservación in situ* o preservación en el sitio. Sólo en las comunidades naturales es posible que una especie mantenga sus interacciones ecológicas y continúe sus procesos evolutivos. Además, únicamente las poblaciones silvestres son lo bastante numerosas y diversas como para prevenir la pérdida de la variabilidad genética. Sin embargo, para muchas especies raras la preservación *in situ* ya no es actualmente una opción viable debido a las drásticas reducciones poblacionales causadas por los diversos factores discutidos en los capítulos anteriores: destrucción y deterioro de la calidad del hábitat, competencia con especies exóticas, enfermedades, caza y colecta excesivas, erosión genética y autofertilización y variabilidad demográfica y ambiental.

Si una población remanente es demasiado pequeña para mantener la especie o si los pocos individuos sobrevivientes se encuentran fuera de las áreas protegidas, es probable que la única forma de evitar su extinción sea mantener un número de individuos temporalmente en condiciones artificiales bajo la supervisión humana (Kleiman *et al.*, 1996). Esta estrategia se conoce como *conservación ex situ* o preservación fuera del sitio. Algunas especies ya están extintas en la naturaleza y sólo sobreviven en jardines botánicos o en cautiverio, tales como el toromiro, una especie arbustiva de la Isla de Pascua (RECUADRO VII.3b).

La preservación de animales *ex situ* se realiza en zoológicos, granjas, acuarios y criaderos privados, mientras que las plantas se mantienen en jardines botánicos, arboretos, viveros privados y bancos de semillas. Una estrategia intermedia, que combina elementos de la preservación *ex situ* e *in situ*, es el seguimiento y manejo de poblaciones de especies raras y en peligro en áreas pequeñas y protegidas. Tales poblaciones son todavía silvestres, pero requieren la intervención humana para prevenir su disminución. El objetivo en el largo plazo de muchos programas de conservación *ex situ* es reintroducir las poblaciones generadas en cautiverio en

los sistemas naturales, una vez disponibles un número suficiente de individuos y los hábitats apropiados.

La conservación *ex situ* e *in situ* son estrategias complementarias (Robinson, 1992, RECUADRO XII.1). Los individuos de las poblaciones *ex situ* pueden ser periódicamente liberados a la naturaleza para reforzar la conservación *in situ*. La investigación de las poblaciones en cautiverio puede generar información importante sobre la biología básica de la especie y sugerir nuevas estrategias para la conservación de las poblaciones *in situ*. Las poblaciones propagadas *ex situ* pueden reducir la necesidad de colecta de los individuos silvestres para exhibición e investigación, a la vez que contribuyen a la educación del público sobre la necesidad de preservar la especie y proteger a los individuos que todavía sobreviven en su hábitat natural (RECUADRO XIV.1). La cantidad de personas que visita los zoológicos y jardines botánicos es enorme. Sin embargo, la conservación *ex situ* tiene un altísimo costo. Por ejemplo, el mantenimiento del elefante africano y del rinoceronte negro en los zoológicos es 50 veces más costosa que la protección del mismo número de individuos en parques nacionales de África oriental (Leader-Williams, 1990).

En comparación con la conservación *ex situ*, la preservación *in situ* presenta al menos seis limitaciones importantes (Snyder *et al.*, 1996):

1. *Tamaño de la población y variabilidad genética.* Para prevenir la deriva genética deben mantenerse poblaciones con al menos varios cientos de individuos. Ningún zoológico puede mantener un número tan alto de mamíferos, aves o reptiles de gran tamaño, de manera que sólo se mantienen unos pocos individuos en cautiverio. En los jardines botánicos se conservan sólo uno o unos pocos individuos de la mayoría de las especies, especialmente en el caso de los árboles. Las poblaciones *ex situ* pueden representar, por lo tanto, sólo una porción limitada del total de genes de la especie. A su vez, esto limita las probabilidades de éxito en programas de reintroducción. Por ejemplo, una población en cautiverio que se inició con individuos colectados en sitios de tierras bajas y cálidas puede ser incapaz de adaptarse fisiológicamente a los sitios de tierras altas más frías inicialmente ocupados por la especie.

2. *Adaptación.* Las poblaciones *ex situ* pueden experimentar cambios conductuales, fisiológicos o aun cambios genéticos en respuesta a su ambiente artificial. Por ejemplo, las especies animales mantenidas en cautiverio por varias generaciones pueden sufrir cambios en sus piezas bucales y enzimas digestivas debido a la dieta alimenticia del zoológico. Cuando los animales de estas poblaciones alteradas son reintroducidos a su ambiente natural, pueden tener dificultades con su dieta natural.

3. *Aprendizaje*. Los individuos de las poblaciones *ex situ* carecen del proceso de aprendizaje acerca de sus ambientes naturales; por lo tanto, pueden ser incapaces de sobrevivir a la reintroducción. Por ejemplo, es frecuente que los animales criados en cautiverio y liberados en su ambiente natural carezcan de la capacidad para reconocer sus alimentos silvestres o ubicar las fuentes de agua. Este problema ocurre más probablemente entre especies de mamíferos y aves sociales, porque los juveniles aprenden las habilidades para sobrevivir y detectar los recursos críticos de los miembros adultos de su población. Un caso similar se produce para las especies migratorias, puesto que los individuos juveniles reintroducidos desde zoológicos no sabrán a dónde ni cuándo migrar (RECUADRO XXI.2).

4. *Continuidad*. Los esfuerzos de conservación requieren un suministro continuo de fondos y una política institucional estable. La interrupción de los cuidados de un zoológico, acuario o invernadero durante unos días o unas semanas involucra sufrimiento y enfermedades que pueden determinar pérdidas considerables de individuos. Las colecciones congeladas o refrigeradas de espermatozoides, huevos, tejidos y semillas son particularmente susceptibles a la suspensión de la energía eléctrica.

5. *Concentración*. Como los esfuerzos de conservación *in situ* se concentran a menudo en sitios relativamente reducidos, existe el riesgo que una población entera de una especie en peligro sea destruida por catástrofes, tales como incendios o epidemias.

6. *Número excesivo de animales*. Algunas especies se reproducen demasiado rápidamente en cautiverio. ¿Qué debería hacerse con esos animales extra en cautiverio que otros zoológicos no desean y que no tienen posibilidades de supervivencia en la naturaleza? Éste es un problema ético: el bienestar de cualquier animal en cautiverio está bajo la responsabilidad del cuidado humano. Es inaceptable matar o vender un individuo —particularmente cuando se trata de una especie amenazada— que podría representar un elemento clave para la supervivencia de la especie en el futuro.

A pesar de estas limitaciones, las estrategias de conservación *ex situ* son a veces la única alternativa, puesto que la preservación *in situ* de una especie puede ser muy difícil o imposible.

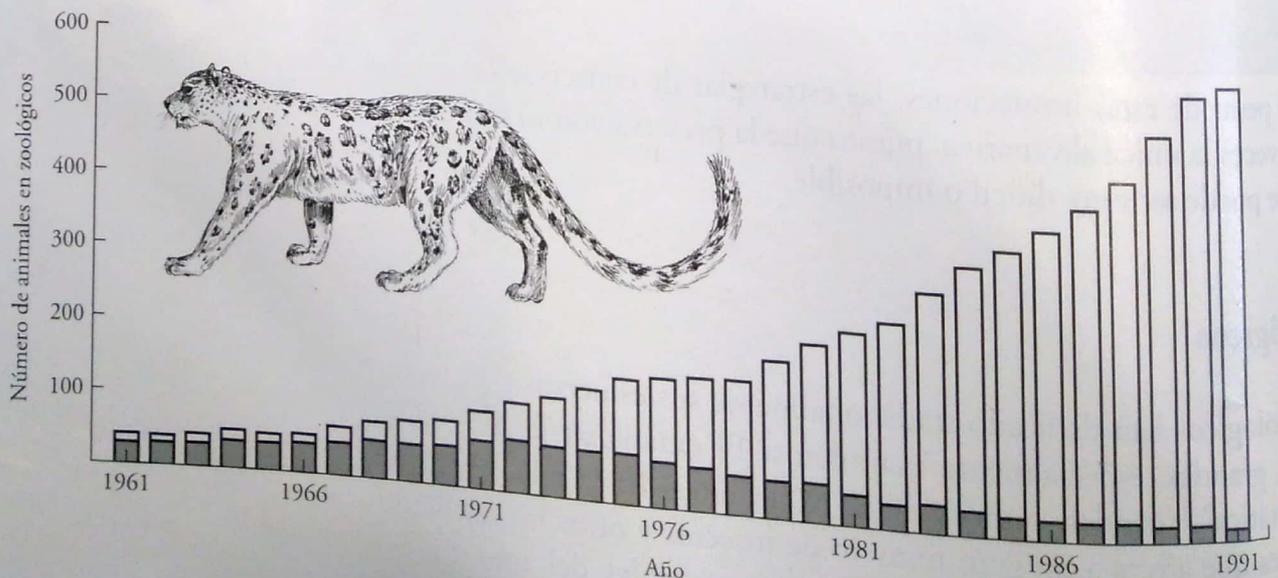
## Zoológicos

Los zoológicos han dedicado tradicionalmente sus esfuerzos a los vertebrados grandes, especialmente mamíferos. El énfasis en la megafauna "carismática" (pandas, pumas, jirafas y elefantes) ha velado la enorme amenaza que afecta a un gran número de insectos y otros invertebrados que representan la mayoría de las especies animales del mundo. Sin embargo, como parte de la Estrategia de Conservación de los Zoológicos

del Mundo, los 2000 zoológicos y acuarios existentes están incorporando progresivamente los temas ecológicos y las amenazas a las especies en peligro en sus exhibiciones públicas y programas de investigación (Robinson, 1992; Tarpy, 1993; Olney y Ellis, 1995). Los programas educativos y proyectos de campo de los zoológicos, junto con los artículos acerca de estos programas, dirigen la atención del público hacia los animales y hábitats significativos para la conservación, protegiendo así a miles de otras especies de plantas y animales que habitan esos ecosistemas.

Los zoológicos, junto con las universidades, agencias gubernamentales de vida silvestre y organizaciones de conservación, mantienen en este momento más de 700 000 individuos de vertebrados terrestres pertenecientes a 3 000 especies de mamíferos, aves, reptiles y anfibios (Conway, 1988), una cifra mínima comparada con el número de gatos, perros y peces domésticos (Estados Unidos tiene 50 millones de gatos como mascotas). Estas instituciones trabajan para definir las poblaciones de especies en peligro que podrían mantenerse en cautiverio, considerando el conocimiento y experiencia sobre el cuidado animal, medicina veterinaria, comportamiento, biología reproductiva y genética. Sólo algunas especies de mamíferos raros tienen poblaciones mantenidas en cautiverio (Ralls y Ballou, 1983). Los zoológicos de Estados Unidos mantienen poblaciones de cerca de 100 especies, una porción insignificante del total de especies en exhibición. Los zoológicos todavía obtienen la mayoría de sus especímenes a partir de las poblaciones silvestres. Para remediar esta situación, los zoológicos y organizaciones de conservación afiliadas están intentando desarrollar instalaciones y tecnologías necesarias para establecer colonias de crianza de especies raras (Dresser, 1988; Hutchins y Conway, 1996) que no pueden ser fácilmente obtenidas, como por ejemplo el orangután, el cocodrilo chino y la pantera de las nieves (FIGURA XIV.1). Estas colonias en cautiverio pueden representar la única posibilidad de supervivencia para muchas especies en el corto plazo, cuando sus

FIGURA XIV.1. La pantera de las nieves (*Panthera uncia*) se reproduce bien en cautiverio, y el mantenimiento de las colonias reproductivas puede reducir la necesidad de la captura de animales silvestres destinados a los zoológicos. Desde 1974 la mayoría de los individuos de esta especie ha nacido en cautiverio (barras blancas), y sólo unos pocos han sido capturados en su hábitat natural (barras grises). (Según Bloomqvist, 1995).



ambientes naturales están degradados o amenazados por la actividad humana. Si una especie se extingue en la naturaleza, las colonias de reproducción en cautiverio pueden constituir una fuente de individuos para restablecer las poblaciones naturales. Los zoológicos podrían además establecer colonias reproductivas de mayor número de especies si dirigieran sus esfuerzos hacia aquellas de tamaño corporal pequeño, tales como insectos, anfibios y reptiles, que son menos caras de mantener en grandes cantidades que los animales de mayor tamaño (Balmford *et al.*, 1996).

El éxito de los programas de reproducción en cautiverio ha aumentado gracias a los esfuerzos para coleccionar y diseminar el conocimiento acerca de las especies raras y en peligro. El Species Survival Commission's Conservation Breeding Specialist Group, una división del IUCN, y organizaciones afiliadas, tales como la American Zoo and Aquarium Association, proveen a los zoológicos con la información necesaria para el cuidado y manejo apropiado de estas especies, y también acerca del comportamiento de los animales silvestres (Wiese y Hutchins, 1994). Esto incluye datos sobre requerimientos dietéticos, técnicas de anestesia para la inmovilización y reducción del estrés durante el transporte y procedimientos médicos, condiciones óptimas de alojamiento, vacunas y antibióticos para prevenir la diseminación de enfermedades.

Para algunas especies raras que no se adaptan o no se reproducen bien en cautiverio, se están desarrollando nuevas técnicas (Kleiman *et al.*, 1996). Algunas metodologías provienen de la medicina humana y veterinaria, mientras que otras son métodos desarrollados para ciertas especies. Por ejemplo, la *adopción cruzada* puede aumentar el éxito reproductivo: si la madre es incapaz de mantener a su cría, algunas veces pueden hacerlo madres adoptivas de otras especies. Muchas especies raras de aves depositan normalmente sólo un grupo de huevos al año; si los huevos son removidos para ser empollados por una especie relacionada, la madre depositará y empollará un segundo grupo de huevos. Esta técnica, conocida informalmente como "doble postura", dobla el número de crías que puede producir una hembra.

Otra ayuda para la reproducción (similar a la adopción cruzada) es la *incubación artificial*. Si la madre no cuida adecuadamente a sus crías, o si las crías son fácilmente atacadas por depredadores, parásitos o enfermedades, los humanos pueden cuidar de ellas durante sus etapas tempranas vulnerables. Este sistema ha sido ampliamente ensayado con especies de tortuga, aves marinas, peces y anfibios: los huevos se coleccionan y se mantienen en condiciones ideales de incubación, las crías se protegen y alimentan durante sus estados vulnerables y los juveniles se liberan a la naturaleza o se crían en cautiverio. Éstos se conocen como programas *Head Start*.

Los individuos de algunas especies en cautiverio pierden el interés reproductivo. En estas circunstancias se usa la *inseminación artificial* una vez que una hembra entra en celo en forma natural o después de una inducción química. Los espermatozoides de los machos apropiados se coleccionan y se mantienen a bajas temperaturas hasta su uso en la inseminación.

FIGURA XIV.2. Esta cría de bongo (*Tragelaphus eurycerus*), una especie amenazada de antilope del bosque africano, nació gracias a la transferencia de un embrión a una hembra de eland (*Taurotagus oryx*) como madre adoptiva en el Centro para la Reproducción de Especies Amenazadas del Zoológico de Cincinnati. (Fotografía del Zoológico de Cincinnati).



nación de la hembra receptiva. Aunque la inseminación artificial se realiza rutinariamente en muchas especies de animales domésticos, los programas de conservación requieren desarrollar las técnicas precisas para la colección y conservación de espermatozoides y el reconocimiento de la receptividad de la hembra para cada especie en particular.

La *transferencia de embriones* ha sido realizada exitosamente en unos pocos animales raros tales como el bongo y el caballo de Przewalski. Esta técnica consiste en inducir la super ovulación (producción de múltiples óvulos) con drogas para la fertilidad. Los óvulos extra son colectados, fertilizados e implantados quirúrgicamente en madres sustitutas, algunas veces utilizando especies comunes relacionadas (FIGURA XIV.2) (Dresser, 1988). En el futuro esta tecnología puede utilizarse para aumentar el éxito reproductivo de especies raras.

Las tecnologías médicas y veterinarias tienen el potencial para desarrollar perspectivas novedosas para algunas especies que tienen dificultades para reproducirse en cautiverio.

Éstas incluyen la clonación de individuos desde células únicas (cuando queda sólo uno o unos pocos individuos de la población), hibridación cruzada de especies (cuando los individuos remanentes de una especie no pueden cruzarse entre ellos), hibernación inducida y diapausa como una forma de mantener poblaciones latentes, y determinación del sexo por métodos bioquímicos y quirúrgicos en animales que carecen de diferencias sexuales externas. Una de las técnicas más inusuales y controvertidas involucra el congelamiento de óvulos, espermatozoides, embriones y otros tejidos de especies al borde de extinción, con la esperanza de restablecer la especie en el futuro. La rapidez del desarrollo de la tecnología de la clonación podría posibilitar la generación de numerosos individuos desde estas células vivas. Muchas de estas técnicas son en la actualidad enormemente caras y deben ser desarrolladas separadamente para cada especie. En cualquier caso, los "zoológicos congelados" no son sustitutos para la conservación

*in situ* y *ex situ*, que preservan las relaciones ecológicas y el comportamiento.

Quienes manejan los programas de reproducción en cautiverio son más cuidadosos que antes para evitar problemas genéticos. Un análisis de los registros de apareamiento de 44 especies de mamíferos, incluyendo 16 ungulados, 16 primates y 12 mamíferos pequeños mantenidos en zoológicos, reveló que la mortalidad juvenil era superior cuando se cruzaban animales estrechamente relacionados (tales como padres apareados

con sus hijas) que entre la progenie de animales no relacionados (Ralls *et al.*, 1988; Ebenhard, 1995). Según Ballou (en Tangley, 1988), "este descubrimiento fue como reinventar la rueda, puesto que cualquiera que haya tomado un curso de genética básica conoce los problemas potenciales de la endogamia". El seguimiento cuidadoso de los linajes genéticos de los animales en peligro en cautiverio permite prevenir el apareamiento de individuos relacionados y evitar así la depresión endogámica. Una de las bases de datos más importantes es el International Species Inventory System (ISIS), un sistema de cooperación global para el manejo de colecciones vivas que entrega información sobre 7 500 especies de animales mantenidas en 550 zoológicos de 54 países.

Los esfuerzos de conservación *ex situ* se han dirigido cada vez más hacia las especies de invertebrados en peligro. Esto es importante porque existen muchas más especies de invertebrados que de vertebrados, y son numerosas aquellas que tienen distribución restringida y están disminuyendo rápidamente. Uno de los casos más extraordinarios corresponde a los caracoles (Partulidae) de la Isla Moorea en la Polinesia Francesa (Tudge, 1992). Las siete especies de esta familia de caracoles se extinguieron después de la introducción de un caracol depredador para controlar una peste agrícola. Actualmente seis de las siete especies sobreviven sólo en un programa de reproducción en cautiverio, y se está intentando su reintroducción en áreas libres del depredador en Moorea.

Otro objetivo importante de la conservación *ex situ* es el mejoramiento de los animales domésticos de los cuales depende la sociedad humana para suministro de proteína animal, productos lácteos, cuero, lana, trabajo agrícola, transporte y recreo. Aunque existen enormes poblaciones de animales domésticos (más de mil millones de bovinos y mil millones de ovejas, por ejemplo), las razas de animales domésticos son muy diversas y están desapareciendo rápidamente en la medida que se abandonan las prácticas agrícolas tradicionales y se enfatiza la agricultura intensiva de alto rendimiento. Por ejemplo, de las 3 831 razas de asnos, vacunos, cabras, caballos, cerdos y ovejas que existían en el siglo xx el 16% ya se extinguió y el 15% está constituido por razas raras que están en peligro de extinción (Hall y Ruane, 1993). La preservación de la variabilidad genética para características tales como resistencia a enfermedades, tolerancia a la sequía, vigor y producción de carne representada por estas razas, es crucial para los programas de mejoramiento animal (FIGURA XIV.3).

Las técnicas *ex situ* proveen soluciones para algunos problemas provocados por la actividad humana. A menudo la solución más barata, y probablemente la más exitosa, es la protección de las especies y su hábitat natural, de manera que puedan recuperarse naturalmente. Cuando esta so-

FIGURA XIV.3. Las ovejas soay son una raza relicta del Archipiélago St. Kilda, en la costa escocesa. Esta raza de ovejas tiene características de las primeras ovejas llevadas a Inglaterra hace más de 5 000 años y se ha mantenido aislada al menos durante 1 000 años. Algunos de sus caracteres podrían ser valiosos para la ganadería de bajo impacto, ya que son de pequeño tamaño (25-36 kg), resistentes y pueden mudar su lana. (Fotografía de Stephen J. G. Hall).



lución no es posible, existen métodos artificiales disponibles para apoyar a las especies que, paradójicamente, se extinguirán sin la intervención humana. Los científicos enfrentan una serie de preguntas éticas respecto a estos métodos (Norton *et al.*, 1995): (1) ¿Son estos métodos necesarios y efectivos para una especie particular?, ¿es mejor que unos pocos individuos de una especie vivan sus días en forma silvestre o que se mantengan en cautiverio para generar una población incapaz de adaptarse a las condiciones naturales? (2) Una población de una especie rara que ha sido producida en cautiverio y que no sabe cómo sobrevivir en su ambiente natural, ¿representa realmente una victoria para la especie? (3) Las especies mantenidas en cautiverio, ¿lo son para su propio beneficio o para el beneficio económico de los zoológicos?

No siempre es factible criar poblaciones *ex situ* de especies de animales raros. Una especie puede haber sido tan severamente reducida, que se obtiene poco éxito en la crianza y se produce una alta mortalidad de los jóvenes debido a la depresión endogámica. Ciertos animales, tales como los mamíferos marinos, son tan grandes o requieren ambientes tan especializados, que las instalaciones para mantenerlos y manejarlos tienen costos prohibitivos. Muchos invertebrados tienen ciclos de vida complejos, sus requerimientos dietéticos cambian en la medida que crecen y sus necesidades ambientales varían en forma sutil. Numerosas especies son imposibles de reproducir con el conocimiento actual o es difícil llevar la crianza a buen término.

## Acuarios

Los acuarios públicos han estado tradicionalmente orientados hacia la exhibición de peces exóticos y algunas veces incluyen focas, delfines y otros mamíferos marinos. Los acuarios pueden cumplir un papel educativo muy importante para la conservación de los ambientes acuáticos, donde habitan miles de especies de peces e invertebrados de agua dulce y marinos que están amenazados de extinción (RECUADRO III.5 y IV.1). En respuesta a esta amenaza, los ictiólogos, mastozoólogos marinos y expertos en arrecifes de coral que trabajan en acuarios públicos han comenzado a cooperar intensamente con colegas de universidades o institutos de investigación marina, departamentos gubernamentales de pesca y organizaciones de conservación. En este momento se mantienen aproximadamente 600 000 peces en acuarios, y la mayoría de ellos se captura en su ambiente natural. Se están desarrollando técnicas que permiten a las especies raras reproducirse en los acuarios, evitando la colecta de individuos silvestres, e incluso se trata de liberarlos de vuelta a su ambiente (Philippart, 1995). Estos programas de crianza utilizan las instalaciones de acuarios, cuerpos de agua seminaturales e incubadoras en industrias pesqueras y granjas acuícolas.

Muchas de las técnicas para crianza de peces se desarrollaron originalmente para la producción comercial a gran escala de truchas y salmones y para la propagación de peces tropicales en acuarios comerciales

que los venden como mascotas. Ahora estas técnicas se utilizan para la propagación de fauna de agua dulce en peligro, y aun cuando estos programas de conservación *ex situ* son todavía preliminares, constituyen un área promisoría de investigación.

Algunos de los problemas más serios que enfrentan las especies marinas son: destrucción de los arrecifes de coral debido a la contaminación del agua, introducción de especies exóticas, cosecha excesiva de especies para el mercado de peces tropicales y conchas, y la explotación de los arrecifes de coral con cargas de dinamita para la colección de fragmentos destinados al mercado internacional del coral (FIGURA XIV.4). Los biólogos que trabajan con arrecifes coralinos están desarrollando técnicas para aumentar el éxito reproductivo de las especies en peligro y, a la vez, luchan por una legislación adecuada para una mejor protección del hábitat.



FIGURA XIV.4. En los arrecifes perturbados el paisaje arrecifal está dominado por poblaciones de macroalgas debido a la reducción de las poblaciones de herbívoros (por pesca excesiva) y a las elevadas concentraciones de nutrientes en el medio (eutroficación). (Fotografía del Proyecto Áreas Arrecifales INVEMAR).

Los acuarios tienen un papel particularmente importante en la conservación de algunos cetáceos en peligro. El personal de los acuarios asiste con frecuencia el manejo de ballenas varadas en la playa o desorientadas en aguas superficiales. Las lecciones aprendidas del trabajo con las especies comunes, tales como el delfín nariz de botella, que es la especie más popular de los acuarios (FIGURA XIV.5), pueden aplicarse luego en programas de ayuda para las especies en peligro (Ames, 1991). Los investigadores pueden mantener colonias, realizar inseminación artificial, asistir partos y liberar animales nacidos en cautiverio a su ambiente natural. Sin embargo, un serio problema práctico para el trabajo con mamíferos marinos en cautiverio es el de los altísimos costos y el requerimiento de una gran infraestructura para mantener grandes volúmenes de agua. Una posible solución la constituiría la delimitación de cuerpos de agua protegidos, para crear un hábitat seminatural.

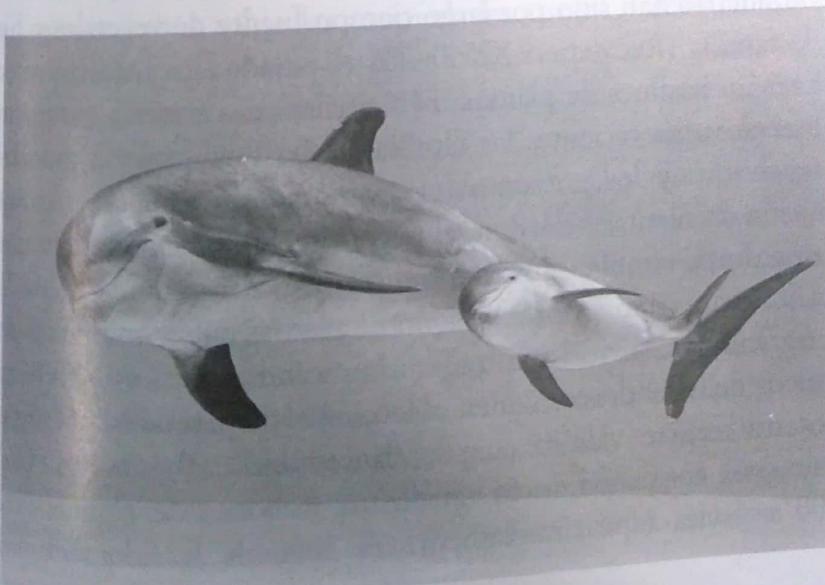


FIGURA XIV.5. La reproducción del delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) en cautiverio han proporcionado una valiosísima experiencia al personal de los acuarios que puede ser aplicada a las especies en peligro. En la foto una madre y su cría. (Fotografía cortesía de Sea World).

Para proteger al baiji (*Lipotes vexillifer*), un delfín raro del río Yangtze (China) que ha sufrido una drástica reducción poblacional (sólo quedan unos 200 individuos silvestres), los científicos chinos han establecido reservas reproductivas experimentales en algunos lagos. Aunque el baiji habita en ríos más que en lagos, esta iniciativa involucra costos menores que los requeridos en acuarios y protege a la especie de la mayoría de los aspectos más dañinos de la actividad humana actual: (1) represas y compuertas que reducen las poblaciones de peces e interfieren con los patrones de migración; (2) la cacería; (3) el daño accidental debido a las actividades de la pesca comercial y a los motores de las embarcaciones; (4) la contaminación del agua, que puede alterar la fisiología reproductiva del baiji, y (5) el ruido de motores y otras actividades industriales que interfieren con sus sistemas de ecolocalización para orientarse, encontrar alimento y pareja. La actual construcción de la represa más grande del mundo en el río Yangtze representa una gran amenaza para este delfín.

La preservación *ex situ* de la biodiversidad acuática tiene un gran significado adicional debido al significativo incremento de la acuicultura a través del mundo. En la medida que los peces, anfibios, moluscos y crustáceos sean producidos para satisfacer las necesidades humanas, será necesario preservar la base genética para continuar el mejoramiento de estas especies y protegerlas contra las enfermedades y amenazas imprevistas. Sin este respaldo genético las granjas de salmón, carpas y bagres de las zonas templadas, las granjas de camarones de los trópicos y los 12 millones de toneladas de productos acuáticos producidos en China y Japón no alcanzarán su valor potencial. Irónicamente, los peces e invertebrados escapados de la acuicultura y las enfermedades que transportan constituyen las mayores amenazas para la diversidad de las especies nativas. Esto plantea un desafío para el futuro: la necesidad de equilibrar los requerimientos de la acuicultura con la conservación de la biodiversidad acuática.

## Jardines botánicos y arboretos

La historia de los jardines es milenaria. Los jardines de plantas comestibles o huertos han sido por largo tiempo fuente de vegetales y hierbas para la familia (RECUADRO XX.2). En el pasado, los médicos y curanderos tenían jardines de plantas medicinales para tratar a sus pacientes. En los siglos más recientes las familias reales establecieron grandes jardines privados y los gobiernos crearon jardines públicos. Aunque la exhibición de plantas bellas era el propósito fundamental de la mayoría de los jardines, también ilustran la diversidad del mundo vegetal y ayudan a la diseminación y propagación de plantas que se usan en horticultura, agricultura, silvicultura, paisajismo e industria. Los 1 500 jardines botánicos del mundo contienen colecciones de plantas vivas que representan un recurso valioso para la conservación (RECUADRO XIV.2) y actualmente contienen cerca de cuatro millones de plantas vivas de 80 000 especies (aproximadamente el 30% de la flora del mundo)

(Given, 1995; Heywood, 1995). Estas cifras aumentan cuando se agregan las especies producidas en invernaderos, jardines de subsistencia y jardines ornamentales. El jardín botánico más grande del mundo, los Royal Botanical Gardens of England en Kew, Inglaterra, tiene 25 000 especies de plantas en cultivo, cerca del 10% del total del mundo, de las cuales 2 700 están amenazadas según el IUCN (Reid y Miller, 1989). Además de las plantas vivas, los jardines botánicos e institutos de investigación han desarrollado colecciones de germoplasma (bancos de semillas, de polen, de cultivo de tejidos) de especies y variedades de plantas silvestres y cultivadas que proveen un respaldo fundamental para sus colecciones vivas.

Continúa en la página 436

## RECUADRO XIV.2. INTEGRACIÓN DE LA CONSERVACIÓN *IN SITU* Y *EX SITU* EN LOS JARDINES BOTÁNICOS DE LATINOAMÉRICA

Francisca Massardo  
David Rae  
Marta Lagrotteria  
Jim Affolter  
Ricardo Rozzi

“No es casualidad que los aztecas cultivaran lo que fueron, hasta donde sabemos, los primeros jardines botánicos del mundo... El descubrimiento de estos jardines pudo bien ser el estímulo para la formación de los primeros jardines botánicos en Europa a principios del siglo XVI y creó una tradición que en la actualidad se ha extendido por todo el mundo” (Raven, 1996). En el México antiguo, la flora tenía muchos significados y representaciones: vida, muerte, medicina, religión, belleza, entre otros, y a través de toda la América precolombina se cultivaban refinados conocimientos sobre las propiedades curativas de las plantas y sus épocas de cosecha y existían sitios donde éstas se veneraban (Linares *et al.*, 1997).

Pese a esta rica tradición precolombina, el número de jardines botánicos es hoy muy bajo en Latinoamérica, en comparación con el resto del mundo. Entre los 1 500 jardines Botánicos registrados en el Directorio Internacional de Jardines Botánicos (Heywood *et al.*, 1989), sólo el 10% se encuentra en la Región Neotropical que paradójicamente es la región del mundo que alberga la mayor diversidad de plantas. Además, dentro de los 158

jardines botánicos de Latinoamérica ocurre una marcada concentración respecto a su cantidad por país. Más de la mitad de éstos se distribuye sólo en tres países: México (36), Brasil (23) y Argentina (35). Si a esto se agregan otros tres países —Colombia (9), Cuba (8) y Chile (8)— se abarca más del 75% de los pocos jardines disponibles para la conservación *ex situ*, la educación formal e informal y la investigación botánica en esta región, que además de ser florísticamente privilegiada sufre las mayores tasas de pérdida y degradación del hábitat en la actualidad (CAPÍTULOS I y VI).

Para reparar esta falencia, numerosas ONG, fundaciones y otras iniciativas privadas para la conservación en Latinoamérica han incorporado la creación de huertas, parques o jardines como un componente central de sus programas. Así por ejemplo, la Fundación Botánica Conservacionista Argentina ha desarrollado el Jardín Botánico Dr. Miguel J. Culaciati a partir del predio donde el Dr. Culaciati iniciara su colección privada de plantas aromáticas y medicinales nativas, en Córdoba. Otra medida para fortalecer los jardines y establecer nuevas iniciativas se basa en el establecimiento de redes de

Las plantas son más fáciles de mantener en condiciones controladas que los animales. Con frecuencia es posible establecer muestras adecuadas de una población a partir de semillas, estacas y rizomas o a través de las técnicas de cultivo de tejidos. La mayoría de las plantas tiene necesidades básicas similares de luz, agua y minerales, que pueden ser fácilmente suministradas en invernaderos y jardines. Los niveles de luz, temperatura y humedad pueden ajustarse para cada especie una vez que se conocen sus condiciones naturales de crecimiento. Las plantas no se mueven y por lo general pueden crecer en altas densidades. Si el espacio es el factor limitante, pueden podarse para disminuir su tamaño. Las especies de autofertilización, como el trigo, necesitan menor número de individuos para mantener la variabilidad genética que las especies de fertilización cruzada, como el maíz. A menudo pueden mantenerse en jardines abiertos donde necesitan un cuidado mínimo para sobrevivir. Muchas plantas producen fácilmente semillas, que pueden ser colectadas y germinadas para producir más plantas. El viento, los insectos y otros animales polinizan las plantas de fertilización cruzada, mientras que otras especies se autopolinizan naturalmente. Muchas plantas, particularmente aquellas de zonas templadas y clima secos y aquellas que crecen en condiciones perturbadas, tienen semillas que pueden mantenerse latentes durante años, incluso décadas, en condiciones frías y secas. Algunas plantas perennes, particularmente arbustos y árboles, son de larga vida, de modo que los individuos sobreviven por décadas o siglos.

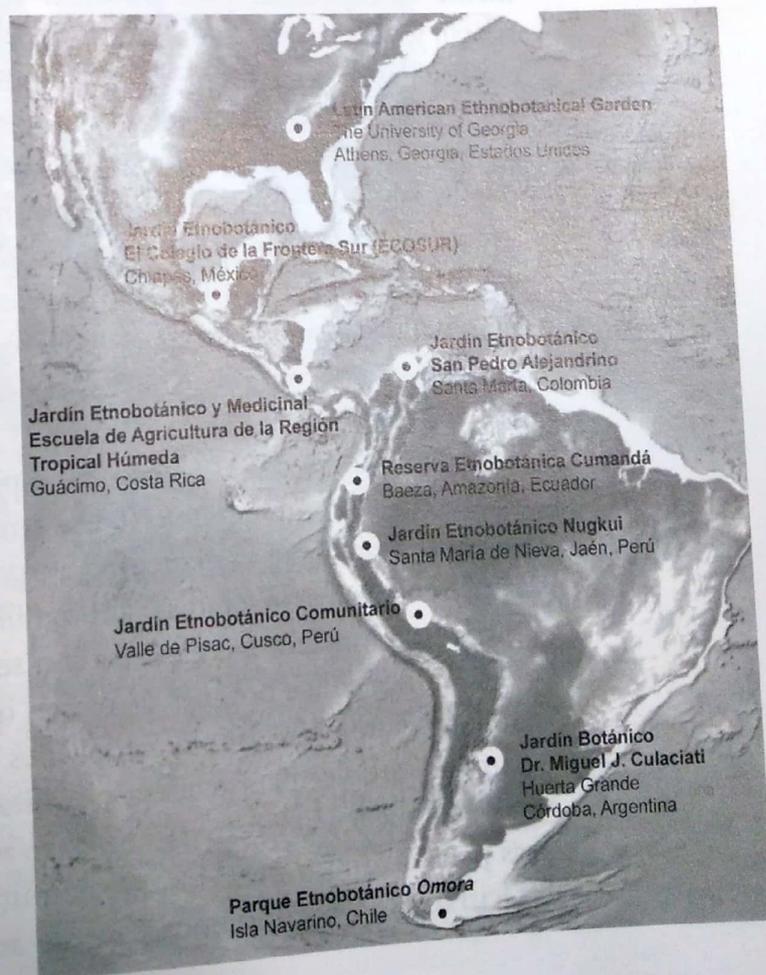
Los jardines botánicos pueden ser cruciales para la conservación de plantas, puesto que sus colecciones vivas y de especímenes secos en herbarios representan las mejores fuentes de información respecto a distribución y requerimientos de hábitat de las especies. Las expediciones organizadas por los jardines botánicos descubren nuevas especies y determinan la distribución y categorías de amenaza de las especies conocidas. El personal de los jardines botánicos posee a menudo una formación en taxonomía, distribución y categorías de conservación. Este personal contribuye además a educar acerca de la conservación de las plantas y sus hábitats a los visitantes, que a nivel mundial suman más de 150 millones cada año (IUCN/WWF, 1989). Por esto, "los jardines botánicos tienen una oportunidad —en realidad una obligación abierta sólo a ellos— de reunir la preocupación tradicional de la biología sistemática con las necesidades de exploración y conservación de la diversidad biológica de la agricultura, la silvicultura y la medicina" (Ashton, 1984).

La conservación de las especies en peligro ha llegado a ser uno de los objetivos más importantes de los jardines botánicos y de los zoológicos. La Botanical Gardens Conservation Secretariat (BGCS) del IUCN intenta coordinar los esfuerzos de conservación de los jardines botánicos del mundo. Las prioridades de este programa involucran la creación de una base de datos mundial para coordinar las actividades de colección e identificación de especies importantes que están poco representadas o ausentes de las colecciones vivas. La mayoría de los jardines botánicos está localizada en la zona templada, aunque la mayoría de las especies de plantas del mundo se encuentra en el trópico (RECUADRO XIV.2).

El establecimiento de nuevos jardines botánicos en los trópicos y en países del Hemisferio Sur debería ser una prioridad para la comunidad internacional, junto con el entrenamiento de taxónomos vegetales, genetistas y horticultores locales que se harían cargo de ellos.

Una iniciativa latinoamericana reciente integra la conservación botánica y étnica en la Red de Jardines Etnobotánicos Hermanos Latinoamericanos (FIGURA XIV.6). Esta red fomenta la cooperación y la comunicación con varios jardines botánicos e instituciones educativas de América Latina que focalizan su atención sobre el valor y significación cultural de especies de plantas silvestres medicinales y amenazadas. El trabajo en red fomenta el intercambio de información técnica, especialización y conocimiento entre jardines para lograr niveles de calidad y creatividad imposible de realizar por separado. Este programa ofrece enormes oportunidades de intercambio y capacitación, asimismo de investigación aplicada y proyectos educativos cooperativos. Por ejemplo, el Latin American Ethnobotanical Garden de la Universidad de Georgia, que coordina esta red, estudia fundamentalmente especies utilizadas por la medicina tradicional maya. Su función primordial es desarrollar educación dirigida hacia la universidad y hacia el público general. Los profesores y alumnos de esta universidad han trabajado con colegas en Chiapas (México), Costa Rica, Córdoba (Argentina) y Ecuador para establecer y mejorar los estudios de plantas medicinales nativas de esas regiones. El jardín de Costa Rica y el Colegio EARTH capacitan estudiantes pregraduados en la producción hortícola y uso de plantas medicinales. En Chiapas se trabaja en la asistencia a una serie de comunidades locales en el traspaso de conocimientos tradicionales sobre especies medicinales de una generación a otra, como también apoya la preservación de la rica tradición herbolaria de esta región. El jardín de plantas medicinales de Argentina cuenta con docenas de especies medicinales y aromáticas colectadas en las Sierras de Córdoba, una región reconocida por su diversidad de especies medicinales. Estos tres jardines promueven el desarrollo de la comunidad además de la conservación, enfatizando las técnicas de recolección sustentable de las especies silvestres y desarrollando métodos hortícolas para la propagación y producción de las especies comercialmente valiosas.

FIGURA XIV.6. La Red de Jardines Etnobotánicos Hermanos Latinoamericanos se estableció en 1998 con el propósito de fomentar la documentación, conservación, educación y mantenimiento de material vegetal nativo y el conocimiento ecológico tradicional en Latinoamérica.



## Bancos de semillas

Los jardines botánicos e institutos de investigación han desarrollado *bancos de semillas*, esto es, colecciones de semillas de plantas silvestres y cultivadas. Los bancos de semillas se han enfocado generalmente sobre las 100 especies de plantas que constituyen más del 90% del alimento de consumo humano (CAPÍTULO VIII). Actualmente se está incorporando un mayor rango de especies en las colecciones, incluyendo especies que pueden estar amenazadas de extinción o con pérdida de variabilidad genética.

Las semillas de la mayoría de las especies vegetales pueden ser mantenidas en condiciones de baja temperatura y humedad relativa en los bancos de semillas durante períodos prolongados, para luego germinarlas y producir nuevas plantas (FIGURA XIV.7) (Given, 1995). El metabolismo de las semillas disminuye con las bajas temperaturas y las reservas de alimentos para el embrión se mantienen durante más tiempo. Esta propiedad es extremadamente valiosa para la conservación *ex situ*, porque las semillas de un gran número de especies raras pueden almacenarse en un espacio reducido, con supervisión mínima y a bajo costo. Existen más de 50 bancos de semillas en el mundo y el foco de la mayoría de estas instalaciones está en la preservación de la variación genética necesaria para propósitos de mejoramiento de las especies cultivadas. Aunque los bancos de semillas tienen un enorme potencial para conservar especies, también presentan algunos problemas (Hamilton, 1994). Si el suministro de energía o el equipo fallan, puede dañarse una colección completa de material. Las semillas almacenadas pierden gradualmente su capacidad para germinar cuando las reservas energéticas se agotan y, además, se acumulan mutaciones dañinas. Los grupos de semillas envejecidas pueden simplemente no germinar. Para superar el deterioro gradual, las muestras de cada especie pueden regenerarse periódicamente germinando, produciendo nuevas plantas hasta la madurez, controlando la polinización y almacenando nuevas muestras de semillas. Los ensayos experimentales y el vigor de las muestras constituyen un trabajo enorme para los bancos de semillas con grandes colecciones. La renovación del vigor de las semillas de las especies que tienen individuos grandes y madurez tardía, como los árboles, puede ser una tarea extremadamente cara y consumidora de tiempo.

Aproximadamente el 15% de las especies de plantas del mundo tiene semillas recalcitrantes, que no tienen latencia o que no toleran las condiciones de almacenaje a baja temperatura y, por lo tanto, no pueden conservarse en bancos de semillas. Las semillas de estas especies germinan de inmediato o mueren. Las especies con semillas recalcitrantes son mucho más comunes en los bosques tropicales que en las zonas templadas, y las semillas de muchos árboles tropicales económicamente importantes —frutales, árboles para madera y plantaciones como el cacao y el caucho— no pueden almacenarse. Se están realizando investigaciones intensivas para encontrar métodos que permitan el almacenaje de las semillas recalcitrantes. Una posibilidad puede ser el almacenaje de embriones



(A)



(B)



(C)



(D)

luego de remover la testa, el endosperma y otros tejidos. Las especies pueden mantenerse en cultivo de tejidos en condiciones controladas o pueden propagarse por estaca desde la planta madre; sin embargo, en la mayoría de los casos estos procedimientos son generalmente más costosos que producir las plantas a partir de sus semillas.

FIGURA XIV.7. (A) Edificio de The National Storage Facility en Fort Collins, Colorado, Estados Unidos. (B) Las semillas de muchas especies son clasificadas, catalogadas y almacenadas. Las etiquetas describen detalladamente las características de la planta y el lugar y fecha de su colecta. (C) En esta institución algunas semillas se mantienen en bolsas herméticamente cerradas a  $-20^{\circ}\text{C}$ . (D) Las semillas de otras especies, en cambio, se almacenan en nitrógeno líquido a  $-196^{\circ}\text{C}$ . (Fotografías cortesía del Departamento de Agricultura de Estados Unidos).

Los bancos de semillas son considerados por la comunidad agrícola internacional como un recurso efectivo para la preservación de variabilidad genética. A menudo la resistencia a una enfermedad o peste particular se encuentra en una sola variedad de un cultivo, o *landrace*, que crece en un área muy restringida y que presenta adaptación a las condiciones locales. La variabilidad genética es crucial para mantener e incrementar la productividad de los cultivos modernos y la capacidad de respuesta a condiciones cambiantes del medio, tales como lluvia ácida, patrones climáticos variables y erosión del suelo. Los investigadores están en una carrera contra el tiempo para preservar la variabilidad genética, debido a que los agricultores tradicionales de todo el mundo están abandonando sus diversos cultivos locales en favor de variedades estandarizadas de alto rendimiento (Altieri y Anderson, 1992).

Este fenómeno queda ilustrado por los agricultores de Sri Lanka, quienes cultivaban 2 000 variedades de arroz hacia fines de los años cincuenta, pero durante la "revolución verde" comenzaron a cultivar sólo cinco variedades de alto rendimiento (Rhoades, 1991). Más de dos millones de colecciones de semillas han sido adquiridas por los bancos de semillas agrícolas. Los investigadores están reuniendo y almacenando los *landraces* de los cultivos alimenticios más importantes que luego serán utilizados para hibridaciones con variedades modernas en los programas de mejoramiento de cultivos. Muchos de los cultivos más importantes, como el trigo, el maíz, la avena y la papa, están bien representados en los bancos de semillas. Otros cultivos importantes, tales como el arroz, mijo y sorgo, están siendo intensivamente colectados (Plucknett *et al.*, 1987).

A pesar del éxito en la colección y almacenaje de material, los bancos de semillas agrícolas no son completamente satisfactorios. Las colecciones han sido escasamente documentadas respecto a la localidad de la colección y a las condiciones de crecimiento. Muchas de las semillas son de calidad desconocida y pueden no germinar. Los cultivos de importancia regional, plantas medicinales, fibras y otras plantas útiles no están bien representadas, como tampoco las especies con semillas recalcitrantes como el caucho, cacao, palmas y muchos árboles frutales tropicales. Una de las pocas formas de preservar la variación genética de estas especies es establecer jardines botánicos especiales, conocidos como huertos clonales, que requieren un área considerable y son costosos. En el pasado los cultivos de raíces tales como la yuca, el ñame y el camote (o batata) no estaban bien representados en los bancos de semillas, debido a que a menudo no producen semillas. Aunque se están desarrollando técnicas para producir y almacenar semillas de cultivos de raíces, actualmente estas especies son preservadas a través de la propagación vegetativa en jardines especiales, tales como el Centro Internacional de la Papa (CIP) en Perú y el Centro Internacional para Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia (FIGURA XIV.8). Esto es crucial debido a que estos cultivos de raíces son muy importantes en la dieta de la población de los países tropicales y en el resto del mundo. Un método alternativo de conservación de



FIGURA XIV.8. El Centro Internacional de la Papa (CIP) mantiene una colección viva de 5 000 muestras de plantas de papa (*Solanum tuberosum*) creciendo en sus instalaciones al aire libre en Perú. (Fotografía cortesía del Centro Internacional de la Papa).

esta variabilidad genética involucra la preservación *in situ* de las prácticas agrícolas tradicionales (CAPÍTULO XX).

Una de las fuentes más importantes de variación genética para los programas de mejoramiento se encuentra en los parientes silvestres de las especies cultivadas. Por ejemplo, son más de 20 las especies silvestres de papa usadas para el desarrollo de las variedades modernas de este cultivo. Sin embargo, sólo el 2% de las colecciones de los bancos de semillas de especies agrícolas viene de parientes silvestres de especies cultivadas (Hoyt, 1988). Sólo los parientes silvestres del trigo y de la papa están bien representados en los bancos de semillas. La mayoría de los parientes silvestres de los cultivos más importantes, tales como el arroz y la yuca, todavía no han sido adecuadamente colectados.

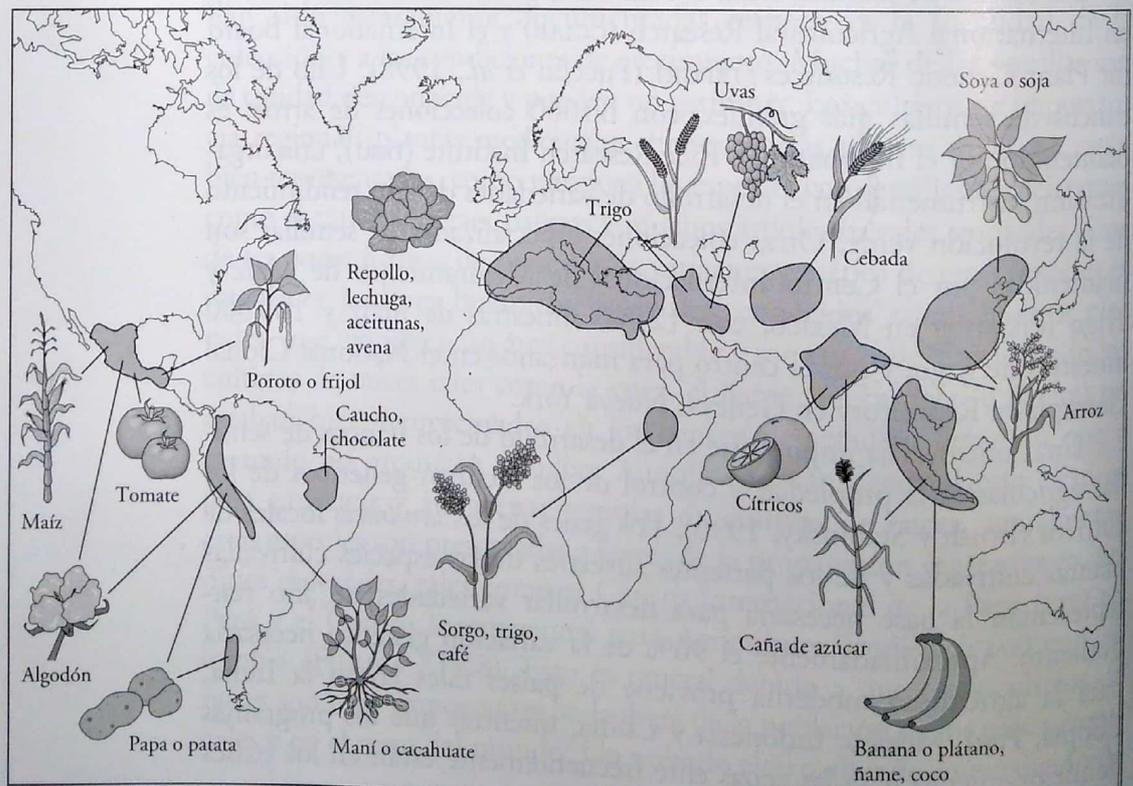
Los bancos de semillas están coordinados por el Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR) y el International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) (Fuccilo *et al.*, 1998). Uno de los bancos de semillas más grandes, con 60 000 colecciones de arroz, es mantenido por el International Rice Research Institute (IRRI), una organización instrumental en el desarrollo de variedades de alto rendimiento de la revolución verde. Otras colecciones especializadas de semillas son mantenidas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México, con 12 000 muestras de maíz y 100 000 muestras de trigo, y por el centro para manzanos en el National Clonal Germplasm Repository en Geneva, Nueva York.

Una controversia importante en el desarrollo de los bancos de semillas agrícolas es la propiedad y control de los recursos genéticos de los cultivos (Brush y Stabinsky, 1996). Los genes de los *landraces* locales de plantas cultivadas y de los parientes silvestres de las especies cultivadas representan la base necesaria para desarrollar variedades de alto rendimiento. Aproximadamente el 96% de la variación genética necesaria para la agricultura moderna proviene de países tales como la India, Etiopía, Perú, México, Indonesia y China, mientras que los programas de mejoramiento para las cepas elite frecuentemente están en los países

industrializados de América del Norte y Europa (FIGURA XIV.9). En el pasado el personal de los bancos de semillas internacionales colectaba libremente semillas y tejido vegetal en los países en desarrollo y los entregaba a las estaciones de investigación y a las compañías de semillas. El material genético se percibía como un bien gratuito. Incluso, una vez que las compañías de semillas desarrollaban nuevas cepas a través de programas de mejoramiento y ensayos de campo, éstas vendían sus semillas a precios elevados a los mismos países donantes del recurso genético original. Estos países han argumentado que esta práctica constituye una injusta reminiscencia colonialista (Goldstein, en Shulman, 1986). La Convención Internacional de Diversidad Biológica provee un marco general para compartir los beneficios financieros de los recursos genéticos de mejor manera, e incentiva a los países para preservar la diversidad biológica (Vogel, 1994). Entre las recomendaciones de la Convención respecto a esta política están las siguientes:

- Los países tienen el derecho a controlar el acceso a su diversidad biológica y debieran ser recompensados por su uso.
- Los países tienen la responsabilidad de inventariar y proteger su diversidad biológica y protegerla.
- Los coleccionistas deben obtener permiso para coleccionar las muestras del país hospedero, de la comunidad local y de los propietarios de la tierra.
- En la medida que sea posible, la investigación, mejoramiento, procesamiento y producción de nuevas variedades debiera realizarse en los países donde se encuentran los recursos ecológicos.
- Los beneficios financieros, nuevos productos y nuevas variedades debieran ser compartidas en forma justa con los países que contribuyeron con los recursos genéticos utilizados para la obtención del producto final.

FIGURA XIV.9. Las especies cultivadas muestran alta diversidad genética en algunas áreas del mundo. Estas regiones son por lo general aquellas donde fueron domesticadas inicialmente o donde todavía se cultivan en sistemas agrícolas tradicionales. (Figura cortesía de Garrison Wilkes).



Muchos países, agencias internacionales, organizaciones de conservación y corporaciones están en este momento desarrollando los mecanismos financieros y legales para llevar a cabo las reglas de la Convención. Los desacuerdos entre estos grupos han sido difíciles de resolver, impidiendo la ejecución de la Convención. Sin embargo, unos pocos contratos se han negociado satisfactoriamente; por ejemplo, el acuerdo entre el gobierno de Costa Rica y la compañía farmacéutica Merck (CAPÍTULO VIII).

#### ESTRATEGIAS DE MUESTREO DE SEMILLAS

Los jardines botánicos e institutos están desarrollando bancos de semillas además de las colecciones de plantas vivas. Las estrategias para la colección de semillas de plantas silvestres raras y en peligro, y su almacenamiento en los bancos de semillas, dependen de la distribución de la variabilidad genética. Las especies genéticamente variables pueden requerir un muestreo más extensivo, el cual permitirá adquirir la mayoría de sus alelos. Un estudio sobre la variación genética basado sobre la variación isoenzimática de más de 400 especies (Hamrick *et al.*, 1991) muestra que el factor más importante en la determinación de la cantidad total de la variación genética es el ámbito de distribución geográfica de la especie. Las especies de distribución amplia tienen más del doble de la variación genética que las especies de ámbitos restringidos. También las plantas tienen, en promedio, el 78% de su variabilidad genética dentro de la población, mientras que el 22% de la variabilidad ocurre entre poblaciones, aunque muchas especies difieren de estos valores promedio dependiendo de su sistema reproductivo y morfología. Estos datos sugieren estrategias para la protección del total de genes de las especies raras y en peligro, tanto para la protección *in situ* de poblaciones cuidadosamente seleccionadas como para programas de colección para la preservación *ex situ*.

Utilizando información sobre los patrones de variación genética, el Center for Plant Conservation (CPC) (1991) generó una pauta para el muestreo de semillas de plantas en peligro con fines de conservación de la variabilidad genética. Esta pauta podría adecuarse para otros grupos de especies, tales como animales, hongos y microorganismos:

1. La mayor prioridad para la colección debiera ser para especies que: (a) están en peligro de extinción; (b) sean evolutiva o taxonómicamente únicas; (c) puedan ser reintroducidas en la naturaleza; (d) tengan potencial para ser preservadas en condiciones *ex situ*, y (e) poseen valor económico potencial para la agricultura, la medicina, la silvicultura o la industria.
2. Las muestras debieran ser colectadas desde más de cinco poblaciones por especie para asegurar un muestreo de la variabilidad genética entre poblaciones. Donde sea posible, las poblaciones seleccionadas debieran cubrir el ámbito geográfico y ambiental de la especie. Además, debieran muestrearse todas las poblaciones del 70% de las especies en peligro que tengan cinco o menos poblaciones.

3. Las muestras debieran colectarse considerando 10 a 50 individuos por población. El muestreo de menos de 10 individuos puede implicar la pérdida de alelos comunes en la población. El muestreo de más de 50 individuos no conlleva un aumento de alelos que justifiquen el esfuerzo. En general, el tamaño de las muestras debiera alcanzar el máximo del rango cuando la población parece ser fenotípicamente variable, el sitio heterogéneo y las plantas tengan fertilización cruzada.

4. El número de semillas (estacas, bulbos, etc.) colectadas por planta se determina según la viabilidad de las semillas de la especie. Si la viabilidad es alta, entonces se necesita colectar sólo unas pocas semillas por individuo; pero si la viabilidad es baja, entonces deben colectarse muchas semillas por individuo.

5. Si las plantas individuales de una especie tienen baja capacidad reproductiva, la colección de muchas semillas en el mismo año puede tener un efecto negativo sobre la población muestreada. Esto es particularmente cierto para las anuales y otras plantas de ciclo corto. En estos casos, una mejor estrategia sería realizar la colección a lo largo de varios años.

El CPC (1991) concluye advirtiendo lo siguiente: las colecciones para conservación son buenas según la diversidad que contengan. Así, la premeditación y los procedimientos de muestreo tienen una función crítica sobre la calidad de la colección, como también en cuanto a su utilidad para propósitos tales como la reintroducción y la restauración. En el largo plazo la significación real de las colecciones para la conservación biológica está en el refuerzo del manejo y mantenimiento de las poblaciones naturales. Los colectores deben considerarse a sí mismos no como entidades estáticas de la preservación, sino como proveedores de la base de la supervivencia y evolución.

## Resumen

1. Algunas especies en peligro de extinción en la naturaleza pueden mantenerse en condiciones artificiales bajo la supervisión humana. Esto se conoce como conservación *ex situ*. Las colonias en cautiverio pueden utilizarse más tarde para restablecer la especie en la naturaleza.

2. Los zoológicos están desarrollando poblaciones autosustentables para especies raras de vertebrados, empleando técnicas modernas de medicina veterinaria y programas de reproducción para mantener la variabilidad genética de las especies y prevenir la depresión endogámica.

3. Los mastozoólogos marinos, ictiólogos y expertos en arrecifes de coral que trabajan en acuarios públicos están desarrollando técnicas de reproducción y programas de conservación para la protección y preservación de peces, mamíferos marinos, vertebrados e invertebrados acuáticos en peligro.