

Métodos de conservación

1 Introducción

El desarrollo de las razas es un proceso dinámico de cambio genético impulsado por las condiciones medioambientales y la selección realizada por los seres humanos, quienes a su vez son modelados por su cultura y situación económica. El hecho de que los ecosistemas sean dinámicos y que las preferencias humanas cambien ha conducido a la evolución de las razas, y hasta hace poco, a un aumento neto de la diversidad en el tiempo. Sin embargo, en los últimos 100 años se ha producido una pérdida neta de diversidad causada por un aumento en la tasa de extinción de razas y variedades. Solo en Europa y el Cáucaso se han extinguido ya 481 razas de mamíferos y 39 de aves, y están en situación de riesgo 624 especies de mamíferos y 481 de aves. Las pérdidas se han acelerado debido a la rápida intensificación de la producción agropecuaria, a la falta de evaluación de las razas locales, y a la sustitución o cruzamiento inapropiado de razas facilitado por la disponibilidad de razas de alto rendimiento y por las biotecnologías reproductivas (Recuadro 95).

Aunque la pérdida de diversidad genética agropecuaria ha aumentado muchísimo en décadas recientes, la envergadura del problema aún no se ha evaluado completamente. La información sobre recursos zoogenéticos proporcionada por los países miembros de la FAO se hace pública en la base de datos DAD-IS. Aunque en 1999 se solicitó información concreta sobre razas extintas antes de compilar la tercera edición de la Lista Mundial de Vigilancia (FAO/UNEP, 2000), las listas de razas extintas probablemente

Recuadro 94

Glosario: conservación

En este informe, se utilizan las definiciones siguientes:

Conservación de recursos zoogenéticos: hace referencia a todas las actividades humanas incluyendo estrategias, planes, políticas y actuaciones emprendidas para garantizar que se mantenga la diversidad de recursos zoogenéticos para contribuir a la producción agrícola y de alimentos, a la productividad, o para mantener otros valores de dichos recursos (ecológicos, culturales) ahora y en el futuro.

Conservación *in situ*: hace referencia a la conservación agropecuaria a través de su uso continuo en sistemas productivos gestionados por los ganaderos en entornos en los que ha evolucionado la raza o en los que ahora se encuentra y se reproduce.

Conservación *ex situ in vivo*: hace referencia a la conservación mediante el mantenimiento de poblaciones de animales vivos que no se hallan en condiciones normales de manejo (p. ej., parques zoológicos y en algunos casos granjas del gobierno) y/o fuera del área en la que evolucionaron o en la que ahora se hallan normalmente.

No suele haber una frontera clara entre la conservación *in situ* y *ex situ in vivo*, y se deben describir en detalle los objetivos de conservación y la naturaleza de dicha conservación para cada caso.

Conservación *ex situ in vitro*: hace referencia a la conservación externa al animal vivo en un entorno artificial, en condiciones criogénicas que incluyen, entre otras, la crioconservación de embriones, semen, ovocitos, células somáticas o tejidos que poseen el potencial de reconstruir animales vivos (incluyendo animales para introgresión génica y razas sintéticas) en una fecha posterior.

PARTE 4

Recuadro 95
Ovejas Red Maasai– amenazas crecientes

La oveja Red Maasai, renombrada por su robustez y resistencia a las enfermedades, especialmente su resistencia a los parásitos gastrointestinales, es criada predominantemente por los pastores Maasai, así como por tribus vecinas en las regiones semiáridas de Kenya y República Unida de Tanzania. Una serie de proyectos de investigación demostró la resistencia de dicha raza a las enfermedades, y su alta productividad en entornos muy hostiles, en tanto que otras razas, como la Dorper, introducida externamente, presentan un rendimiento muy bajo. Hasta mediados de la década de 1970, la Red Maasai pura era ubicua en todas las zonas de pastoreo de Kenya, y había probablemente varios millones de cabezas. Poco después se inició un programa subvencionado de diseminación de sementales Dorper en Kenya, que fue seguido por cruzamientos indiscriminados generalizados. No se dieron instrucciones a los ganaderos sobre el mantenimiento de un programa de cruzamiento continuo, y muchos granjeros siguieron cruzando sus rebaños con Dorpers, que posteriormente demostraron ser inadecuados en muchas zonas productivas. En 1992, y también más recientemente, el Instituto Internacional de Investigaciones Agropecuarias emprendió una extensa búsqueda en Kenya y en zonas norteñas de la República Unida de Tanzania, pero solo pudo localizarse un número muy pequeño de animales puros. Finalmente, el Instituto consiguió establecer un pequeño rebaño «puro», pero luego se demostró que mostraba ciertos niveles de contaminación genética. La raza Red Maasai está claramente amenazada, pero las bases de datos agropecuarias DAD-IS y DAGRIS no la identifican como amenazada, y tampoco aparece la raza en la Lista Mundial de Vigilancia (FAO/UNEP 2000). Esto está relacionado con la actual incapacidad de los sistemas para documentar la dilución de las razas.

Fuente: John Gibson.

no están completas – pueden haber desaparecido poblaciones locales no caracterizadas sin haber sido registradas. Las causas de la extinción o bien no se documentan o no son accesibles, y por tanto no se han podido analizar completamente. El estado de riesgo de muchas razas solo se puede calcular aproximadamente, ya que los datos de censo de las poblaciones agropecuarias o no existen o no son fiables. La falta de conocimiento afecta negativamente a cualquier actuación concertada y al establecimiento de prioridades de conservación.

2 **Argumentos en favor de la conservación**

La ratificación del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) por 188 estados es indicativo del creciente compromiso internacional para mantener y proteger la biodiversidad. El CDB reclama la conservación y uso sostenible de todos los componentes de la diversidad biológica con inclusión de los utilizados en agricultura y silvicultura. Reconociendo la importancia de la diversidad a nivel genético aconseja la conservación de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura. El Artículo 2 reconoce específicamente a las «especies domesticadas y cultivadas» como componente importante de la diversidad biológica mundial.

No obstante, se ha observado que *«aunque aparentemente ha surgido un consenso internacional significativo respecto a las políticas a seguir, dicho consenso no está basado en una teoría del valor generalmente aceptada que explique por qué la protección de la biodiversidad, por mucho apoyo que reciba, debería ser una prioridad máxima de la política medioambiental»* (Norton, 2000 en FAO, 2003, p. 105).

Por ejemplo, los argumentos en favor de mantener la diversidad biológica por sí misma pueden contrastarse con la opinión de que, en ausencia de datos irrefutables respecto a la utilidad de una raza, su pérdida no debería

causar excesiva preocupación. En este capítulo se presentan las diferentes líneas argumentales en favor de la conservación. La filosofía general de un programa de conservación puede incluir una combinación de los siguientes argumentos:

2.1 Argumentos relacionados con el pasado

Las razas agropecuarias reflejan la identidad cultural e histórica de las comunidades que las desarrollaron, y han formado parte integral de la vida y tradiciones de muchas sociedades. La pérdida de razas típicas, por tanto, significa una pérdida de identidad cultural para las sociedades afectadas, así como una pérdida de parte del patrimonio de la humanidad.

Otro argumento se relaciona con el hecho de que el desarrollo de una raza, especialmente en especies con largos intervalos generacionales, habrá implicado a menudo inversiones considerables en tiempo, gasto económico y/o recursos institucionales. Además, los procesos históricos pueden haber dado lugar a productos únicos o singulares que no se pueden volver a crear fácilmente. Según este punto de vista, la decisión de abandonar dichas razas a su suerte no debería tomarse a la ligera. Existe asimismo una dimensión histórica en el desarrollo de caracteres adaptativos – cuanto más tiempo lleva una población animal expuesta a un desafío medioambiental, mayor es la probabilidad de que hayan evolucionado caracteres adaptativos específicos. Las regiones con extremos climáticos o determinadas condiciones sanitarias han dado lugar a líneas locales genéticamente adaptadas y únicas. Dichas razas han coevolucionado con un entorno y un sistema productivo concretos, y representan una acumulación tanto de acervo genético como de prácticas ganaderas y conocimiento local.

2.2 Proteger para las necesidades futuras

«Predecir el futuro es en el mejor de los casos una empresa arriesgada, particularmente cuando intervienen actividades humanas» (Clark, 1995 en Tisdell, 2003, p. 369).

Predecir el futuro es harto difícil, y las expectativas de las personas son muy diversas. En ocasiones, unas expectativas muy negativas pueden estar más relacionadas con temores sin fundamento que con argumentos racionales. No obstante, se pueden aducir razones para expresar la preocupación respecto a la pérdida de la diversidad de los recursos zogenéticos:

«Vista a largo plazo, es posible que la concentración de razas muy productivas pero muy sensibles al medioambiente cree un grave problema para la sostenibilidad de la producción agropecuaria. Es posible que los ganaderos pierdan la capacidad de manipular las condiciones medioambientales naturales. Si en el interín se pierden razas medioambientalmente tolerantes, se podría llegar a colapsar el nivel de producción agropecuaria.» (Tisdell, 2003, p. 373).

Se puede llegar a situaciones imprevistas debido a cambios en el ecosistema, en las exigencias del mercado y de las reglamentaciones asociadas, a cambios en la disponibilidad de insumos externos, por nuevas enfermedades, o por una combinación de dichos factores. El cambio climático mundial y la evolución de la resistencia de patógenos y parásitos al control químico afectarán casi sin duda alguna a los sistemas futuros de producción agropecuaria, aunque la naturaleza de dichos cambios no está totalmente clara (FAO, 1992). La posibilidad de pérdidas catastróficas de recursos zogenéticos debido a epidemias mayores, guerras, bioterrorismo o agitación civil señala la necesidad de disponer de una reserva segura, como un banco génico, para las razas que actualmente son de gran importancia económica. La incertidumbre respecto a las necesidades futuras, en combinación con la naturaleza irreversible de acontecimientos como la extinción de una raza o especie, subrayan la necesidad de proteger el valor de opción¹⁷ de la diversidad.

¹⁷ El valor de opción de la diversidad es el valor adscrito a la protección de un activo por la opción de utilizarlo en una fecha futura.

PARTE 4

Ejemplos de necesidades previamente imprevistas incluyen la tendencia entre criadores del mundo desarrollado a apartarse de la mejora genética orientada a la producción y concentrarse en cambio en adaptación, resistencia a enfermedades y eficiencia en la utilización de pienso. En algunos países desarrollados, la importancia del apacentamiento de conservación se ha desarrollado en una medida que pocos hubieran previsto hace solo cuarenta años, cuando empezaron a utilizarse razas infrecuentes con este objetivo. En el Reino Unido, se apacientan más de 600 localidades de conservación (aunque no todas con razas infrecuentes o tradicionales), y unas 1 000 podrían beneficiarse de dicho pastoreo (Small, 2004). Razas concretas que estuvieron amenazadas en algún momento han demostrado ahora ser de importancia económica, como el cerdo Piétrain. Esta raza muy delgada, que se utiliza hoy en un gran número de programas comerciales de cruzamiento, era prácticamente desconocida fuera de la provincia belga de Brabante antes de 1950. Llegó al borde de la extinción durante la Segunda Guerra Mundial cuando se primaban los animales más gruesos (Vergotte de Lantsheere *et al.*, 1974). Otro ejemplo es la raza de oveja Lley de Gales, que estuvo en serio declive durante la década de 1960, con un tamaño poblacional de solo 500 hembras reproductoras puras (Recuadro 96). Dicha raza se hecho cada vez más popular entre los ganaderos del Reino Unido en años recientes y la población ha ascendido a más de 230 000 cabezas. Otra raza británica que estuvo asimismo en declive, la Wiltshire Horn, está atrayendo interés debido a cambios en las condiciones del mercado. Esta raza muda espontáneamente la lana – una característica deseable cuando los costos del trasquilado pueden superar los beneficios obtenidos por el vellón.

Cabe también considerar las oportunidades que ofrecen los futuros avances de la biotecnología. Las nuevas tecnologías reproductivas y genéticas permiten ya identificar y utilizar la variación genética de los recursos zoogenéticos, y se espera que los avances en la tecnología sean aún mayores

en el futuro. Si se sigue manteniendo la diversidad de los recursos zoogenéticos, dichas tecnologías harían posible que los países en desarrollo llegaran al mismo nivel de productividad que los desarrollados, combinando de manera selectiva los mejores rasgos de distintas razas.

Está ampliamente aceptado que el futuro valor de opción de los recursos zoogenéticos es una razón de peso para conservar dichos recursos zoogenéticos. Es razonable suponer que las circunstancias cambiantes y el rápido avance de las tecnologías requieran el uso de los recursos zoogenéticos conservados en un futuro.

2.3 Argumentos relacionados con la situación actual

La importancia de conservar los recursos zoogenéticos amenazados no solo está necesariamente relacionada con su potencial uso futuro en circunstancias cambiantes. Existe un conjunto de razones que explican por qué el uso de dichos recursos puede no ser actualmente óptimo. Dichas razones se engloban en tres categorías principales: déficit de información, fallos del mercado, y distorsiones de las políticas (Mendelsohn, 2003). Existen numerosas lagunas en nuestro conocimiento respecto a las características de las razas locales y sus caracteres o genes que pueden ser importantes para la producción, para la investigación o para cubrir otras necesidades humanas (Oldenbroek, 1999). Una información imperfecta puede conducir a sobrevalorar el rendimiento de una raza en un determinado entorno productivo en el que se plantea su introducción, y por tanto, a tomar una decisión errónea en cuanto a su adopción. Naturalmente, es también posible que una información imperfecta lleve a los ganaderos a retener innecesariamente su raza autóctona y a no adoptar razas alternativas que podrían mejorar su nivel de vida.

Las distorsiones de las políticas pueden perjudicar a los sistemas productivos menos intensivos y desincentivar una asignación más eficiente de los recursos. Una estrecha concentración en razas altamente productivas

Recuadro 96**Oveja Lleyn de Gales – renace de sus cenizas al compás de las exigencias modernas**

En el transcurso del último medio siglo, la raza de ovejas Lleyn del noroeste de Gales ha pasado de estar al borde de la extinción a ser una raza de reconocida importancia nacional en la industria ovina británica. Tras la Segunda Guerra Mundial, la raza perdió la considerable importancia local que había tenido en la primera mitad del siglo, y hacia la década de 1960 quedaban solamente siete rebaños puros y 500 hembras reproductoras. En cambio, hacia 2006 el número de criadores de ovejas puras superó los 1 000 en todo el Reino Unido y cada año se venden muchos miles de ovejas Lleyn en ferias regionales organizadas por la asociación de criadores.

Este renacimiento se consiguió gracias a la determinación y entusiasmo de un grupo inicialmente pequeño de doce criadores locales y algunos consultores de apoyo. Crearon en 1970 una asociación de criadores para coordinar la política reproductiva, el registro de rebaños puros y la mejora de las ovejas cruzadas (mediante retrocruzamientos repetidos con sementales Lleyn). Los principales atributos de la raza, ya de entrada, eran su tamaño medio, capacidad materna (en su apogeo, se ordeñaban después del destete del cordero) y su carácter prolífico, así como la calidad de la carne y la lana. Otro atractivo para la bioseguridad del rebaño era la adecuación de las Lleyn a operaciones «a rebaño cerrado» en las que los únicos animales comprados eran sementales de máxima calidad.

Dichos atributos se intensificaron mediante la cría organizada, parcialmente mediante un plan de mejoramiento dentro del grupo nuclear como se hace en Nueva Zelanda, que implica el registro objetivo (Comisión de Carne y Ganado), y una rotación generacional rápida. El resultado fue un atractivo

conjunto de hembras de fácil manejo, adecuadas tanto para pequeños como para grandes propietarios de rebaños, unido a una utilización eficiente de terrenos caros, y con el apoyo de la Asociación de Mejoramiento. Todo esto implicaba asimismo una astuta campaña de comercialización, con ventas bien organizadas y abundante información para posibles compradores y miembros de la Asociación.

Otro elemento importante, a medida que la raza extendía su cobertura geográfica, fue el estímulo que se dio al protagonismo local. Se han formado grupos o clubs en todo el país, actualmente hay siete en total, aunque la asociación originaria ha mantenido su papel de coordinación y el vínculo con sus raíces, en el noroeste de Gales.

Fuente: J B Owen.

Para más información sobre esta raza, véase: <http://www.lleysheep.com>



Fotografía: David Cragg

puede verse favorecida por políticas que subvencionen las importaciones de cereales, que ofrezcan servicios de apoyo gratuitos o subvencionados (p. ej., IA), o que fijen precios de intervención para productos agropecuarios,

todo lo cual estimula los procesos de intensificación. Por ejemplo, en algunos países asiáticos que se están industrializando rápidamente, importantes cantidades de capital subvencionado han favorecido claramente

PARTE 4

un modelo industrial de desarrollo; el capital barato ha conducido a inversiones en grandes unidades comerciales asociadas al uso de altos insumos y a productos uniformes. Además, los programas para el desarrollo o de ayuda en emergencias promueven en ocasiones el uso de razas exóticas de los países donantes. Por último, la inestabilidad política y las políticas desfavorables a las poblaciones vulnerables de ganaderos pueden inhibir el uso eficiente de los recursos zoogenéticos (Tisdell, 2003).

Los mercados pueden no representar adecuadamente los costos o beneficios externos. Como ejemplo de costos externos tendríamos las repercusiones medioambientales negativas, así como efectos indeseables sobre la distribución de ingresos y la equidad. En cuanto a beneficios externos asociados a determinadas razas podríamos incluir su contribución a la gestión del paisaje. Mendelsohn (2003, p. 10) sugiere que:

«Los conservacionistas deben concentrarse en lo que el mercado no hará. Deben identificar y cuantificar los beneficios sociales potenciales de los recursos zoogenéticos que han sido abandonados por el mercado».

La conservación de la diversidad, incluida la diversidad intrarracial, sirve para mantener la estabilidad en los sistemas productivos. Las poblaciones diversificadas muestran una mayor capacidad para sobrevivir, producir y reproducirse en condiciones fluctuantes respecto al suministro de agua y alimentos; en circunstancias extremas de temperatura, de humedad y de otros factores climáticos; y con bajos niveles de gestión (FAO, 1992). También hay pruebas de que son menos susceptibles a las epidemias catastróficas (Springbett *et al.*, 2003). En general, las poblaciones genéticamente uniformes son menos capaces de responder a las fuertes presiones selectivas resultantes de los cambios medioambientales. Conservar la diversidad de las razas permite al ser humano explotar diversos nichos ecológicos o económicos. Esto es especialmente cierto en áreas marginales y medioambientalmente frágiles, como los

secanos, donde se encuentra la mayor parte del ganado de granjeros pobres, y que se caracteriza por una gran diversidad y altos niveles de riesgo.

La argumentación en favor de los valores de existencia y de legado para los recursos zoogenéticos¹⁸, elimina la necesidad de identificar beneficios tangibles o intangibles como justificación de su conservación:

«La diversidad biológica posee un valor intrínseco y debe conservarse por sí misma al máximo nivel posible, independientemente de que alguno de sus componentes pueda demostrar beneficios económicos tangibles» (FAO, 2003, p. 104).

No obstante, el desarrollo de razas en las especies domesticadas es fundamentalmente producto de la intervención humana para satisfacer sus objetivos y valores. Argumentar que la diversidad actual debe conservarse en base a su valor de existencia es, quizá, más difícil de defender que en el caso de la biodiversidad de los ecosistemas naturales.

Los argumentos y capacidades respecto a la conservación varían de región en región. En las sociedades occidentales, las tradiciones y valores culturales son importantes fuerzas impulsoras, que garantizan el desarrollo de medidas de conservación para razas raras y promueven la creación de mercados especializados en productos agropecuarios. En cambio, en el mundo en desarrollo, las preocupaciones inmediatas se centran en la seguridad alimentaria y el desarrollo económico. No obstante, la mayoría de países en desarrollo ya se hallan en un proceso de evolución económica, y se confía en que sus economías se desarrollen lo suficiente para apoyar la conservación basada en el patrimonio cultural y temas afines en algún momento del futuro. Es necesario garantizar que no se pierdan recursos zoogenéticos antes de llegar a la etapa de la autosuficiencia.

¹⁸ El valor de existencia se deriva de la satisfacción de saber que existe un determinado activo; el valor de legado es el beneficio que recibe un individuo al saber que otros se van a beneficiar del recurso en un futuro.

3 La unidad de conservación

Un primer paso crucial en el desarrollo de programas de conservación de recursos zoogenéticos es decidir qué debe conservarse. A nivel de genética molecular, la diversidad genética presente en una especie agropecuaria es un reflejo de la diversidad alélica (es decir, diferencias en secuencias de ADN) en los aproximadamente 25 000 genes (es decir, regiones de ADN funcional) que regulan el desarrollo animal y su rendimiento. Conceptualmente, por tanto, la unidad de conservación más elemental es el alelo. Un objetivo podría consistir en diseñar programas de conservación que permitan mantener la preponderancia de los alelos que se encuentran actualmente en una especie, y a la vez permitir la normal acumulación y potencial retención de nuevos alelos mutantes que son la fuente de la evolución y mejora continua de los animales. En teoría, la diversidad alélica podría cuantificarse enumerando el número y frecuencia de los distintos alelos, pero de momento esta es una tarea imposible. Al definir la unidad de conservación, debe también reconocerse que los alelos no actúan aisladamente, y que en la mayoría de casos conviene considerar el rendimiento animal como resultado de las interacciones entre alelos presentes en todo el genoma. Así pues, el proceso de desarrollo de recursos genéticos implica la creación de combinaciones alélicas que contribuyan a lograr los niveles concretos deseados de rendimiento animal y adaptación. Por tanto, la conservación efectiva de los recursos genéticos exige la creación de estructuras que permitan mantener las combinaciones genéticas existentes de valor adaptativo o productivo conocido, así como acceder fácilmente a dichas combinaciones para prestar apoyo a futuras necesidades productivas.

Las razas agropecuarias existentes son genéticamente menos uniformes que la mayoría de variedades de plantas cultivadas, pero representan no obstante el resultado de un conjunto diverso de procesos adaptativos. La estructura poblacional de las especies

agropecuarias más importantes hasta mediado el siglo XX se ajustaba estrechamente a la estructura poblacional que maximizaba el potencial evolutivo, como indicaban las predicciones. Existían muchas subpoblaciones parcialmente aisladas (las razas), mantenidas en condiciones diversas, pero con intercambios periódicos de animales entre poblaciones, y recombinaciones periódicas de razas para generar nuevas combinaciones genéticas. Así pues, se espera que la elección de la raza como unidad de conservación maximice el mantenimiento del potencial evolutivo de las especies agropecuarias, y maximice asimismo el acceso a una amplia gama de combinaciones alélicas.

4 Conservación de recursos fitogenéticos y zoogenéticos

La organización y puesta en marcha del proceso de evaluación del Estado de los Recursos Zoogenéticos Mundiales (SoW-AnGR) se basó en las enseñanzas extraídas a partir de la evaluación global de los recursos fitogenéticos (PGR) y el consiguiente Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos Mundiales (FAO, 1998a). En consecuencia, el proceso del SoW-AnGR se concentró tanto en la preparación del primer Informe, como en el inicio de actuaciones a nivel nacional surgidas del proceso de preparación del Informe nacional. Ahora bien, los enfoques para la conservación de PGR no pueden aplicarse directamente a los recursos zoogenéticos.

En los sistemas productivos tradicionales, los recursos genéticos de animales y plantas se utilizan de manera comparable. Predominan las razas y variedades localmente adaptadas; las semillas para sembrar y los animales reproductores salen de los campos del agricultor, de sus rebaños y manadas, y la diversidad genética de las razas resultantes es sustancial. La mayoría de actividades de cría y desarrollo son «participativas» (FAO, 1998a) en el sentido de que

PARTE 4

las decisiones respecto a las semillas que hay que guardar para la siembra y los animales a conservar para la cría las toman los propios ganaderos y no criadores profesionales de plantas o animales. Sin embargo, la intensificación de la agricultura ha traído consigo cambios importantes en las pautas de utilización y desarrollo de los recursos genéticos. En las plantas, la intensificación de los cultivos se ha visto acompañada por el surgimiento de un sector productor de semillas muy institucionalizado y centralizado, dominado por centros nacionales e internacionales con financiación pública, y por empresas privadas. En cambio, la intensificación del sector agropecuario está actualmente mucho menos avanzada, y ha sido consecuencia, más que condición previa, del desarrollo económico. El sector de cría animal está mucho menos institucionalizado y centralizado que el sector de las semillas, aunque ha habido una tendencia sustancial hacia la centralización en los sectores avícola, porcino, y, en menor medida, en el de ganado lechero. La involucración directa de los ganaderos en la reproducción animal sigue siendo importante en otros sectores agropecuarios, y la utilización y desarrollo de los recursos zoogenéticos continúa siendo fuertemente «participativa» en determinados entornos productivos. Las diferentes estructuras de los sectores de producción de semillas en plantas y animales tienen importantes implicaciones para la conservación de recursos genéticos globales.

El Cuadro 104 compara una serie de factores biológicos, operativos, e institucionales que influyen en las actividades de conservación en plantas y animales. Es evidente que las diferencias biológicas exigen enfoques de conservación distintos, pero la diferencia más significativa entre los sectores agrícola y pecuario es quizá la capacidad institucional de gestionar los recursos genéticos. Muchas de las instituciones del sector de las semillas conservan ya extensas colecciones de PGR, y contribuyen activamente al desarrollo y diseminación de variedades vegetales. Las bases de datos del Sistema Mundial de Información y Alerta sobre los Recursos Fitogenéticos (WIEWS)

registran la localización de más de 5,5 millones de incorporaciones a los PGR, en unas 1 410 colecciones *ex situ* por todo el mundo (FAO, 2004).

Establecer un banco génico para animales implica el almacenamiento a largo plazo de gametos, embriones o células somáticas en nitrógeno líquido. Más abajo se describen en detalle los aspectos técnicos de dicha conservación *in vitro* para animales, pero conviene adelantar que los costos de obtención, crioconservación y posterior reconstitución del plasma germinal animal son mucho más caros por genoma conservado que los costos de obtención, almacenamiento y utilización posterior de las semillas. Además la financiación de apoyo a la conservación de plasma germinal animal ha sido insuficiente. A consecuencia de ello, la conservación de los recursos zoogenéticos ha hecho mucho más hincapié en los enfoques *in situ*. Sin embargo, con excepción de un pequeño número de países desarrollados, se ha hecho poco para establecer programas de conservación *in situ*, y la sostenibilidad de dichos programas a largo plazo es incierta.

DAD-IS lista 4 956 razas existentes de mamíferos y 1 970 razas existentes de aves. Pocas de ellas están bien representadas en colecciones *in vitro* y de casi ninguna se han tomado muestras a los niveles que exigen las guías de FAO (1998b) respecto a la toma de muestras *in vitro*. Se requerirían recursos muy generosos para desarrollar colecciones *in vitro* de estas casi 7 000 razas pecuarias, aunque solo fueran las que están en mayor peligro. Por ejemplo, las Guías de la FAO para el Manejo de Pequeñas Poblaciones en Riesgo (1998b) recomiendan la conservación de semen congelado de por lo menos 25 machos por raza, y utilizar el semen de dichos machos en otras tantas hembras por raza para producir embriones congelados. Para el ganado bovino, con 300 razas en peligro, se debería crioconservar semen de 7 500 machos y producir unos 100 000 embriones. Quedan por desarrollar aún las guías de política respecto a propiedad, uso y manejo de las colecciones *in vitro*.

CUADRO 104

Comparaciones entre factores biológicos, operativos e institucionales que afectan a la conservación de recursos fitogenéticos y zoogenéticos

Factor	Plantas	Animales
Valor económico de producción por individuo	Bajo a muy bajo	Moderado a alto
Tasa reproductiva (número de progenie por individuo por generación)	Alta a muy alta (miles)	Muy baja (<10) a moderada (<200) excepto para machos de especies (principalmente ganado bovino) en las que resulta factible el uso extendido de la inseminación artificial (decenas de miles)
Intervalo generacional	0,25 a 1 año	1 a 8 años
Diversidad genética intra-línea	Muy limitada en la mayoría de variedades de plantas	Muy sustancial en la mayoría de razas pecuarias
Costo de registrar el rendimiento de un individuo o familia	Muy bajo a bajo	Alto a muy alto
Costo de evaluar la adaptación o la resistencia a enfermedades de un individuo o familia	Muy bajo a moderado	Muy alto
Capacidad para conservar la diversidad de parientes salvajes en condiciones naturales	Frecuente en plantas	Muy infrecuente en especies animales
Capacidad de autofecundación y desarrollo de líneas endogámicas	Posible y habitual en muchas especies	No es posible la autofecundación; debido a la depresión, hay que evitar niveles altos de endogamia; en casos concretos se usan líneas consanguíneas para el cruzamiento
Propagación clonal	Posible y habitual en muchas especies	Técnicamente factible pero demasiado ineficiente incluso para la investigación
Capacidad para conseguir plasma germinal	Sencillo en la mayoría de casos	Técnicamente factible pero requiere instalaciones y personal especializado
Capacidad para conservar plasma germinal <i>in vitro</i>	El almacenamiento de semillas en condiciones refrigeradas es factible para la mayoría de especies; algunas requieren cultivo tisular; en algunos casos los cultivos se pueden conservar en nitrógeno líquido	Factible para gametos masculinos de la mayoría de especies y para gametos femeninos de algunas especies; la conservación de embriones es factible para la mayoría de especies de mamíferos, pero a un costo muy superior comparado con los espermatozoides; el material de todas las especies debe conservarse en nitrógeno líquido
Necesidades de regeneración del material conservado	La mayoría precisan ser restaurados periódicamente para reponer el material almacenado y mantener la viabilidad	Mantenimiento esencialmente permanente
Costo de extraer, regenerar, y probar material de un banco génico	Relativamente fácil y con un costo relativamente bajo; decenas de millares de incorporaciones se extraen y prueban anualmente	Tanto regenerar como probar son difíciles y laboriosos; hay poca experiencia con la extracción y uso de material almacenado
Estado y ámbito de los bancos génicos	Extensas colecciones en diversas ubicaciones a nivel mundial incluyen millones de incorporaciones de centenares de especies de las que se almacenan semillas con costos de obtención y almacenamiento relativamente bajos	Restringidos a un pequeño número de países desarrollados, y dedicados básicamente al semen congelado
Obtención continua de plasma germinal salvaje y autóctono	A niveles inferiores que en años anteriores, pero sigue siendo un esfuerzo significativo, especialmente para las especies desasistidas	Muy poca actividad, especialmente en los países en desarrollo
Apoyo institucional a la conservación	Importante, bien organizado, y estable	Limitado, a menudo mal organizado, con alguna excepción en países desarrollados

En el cuadro, «plantas» se refiere específicamente a las plantas anuales que dominan la producción agrícola y de alimentos, pero se reconoce que las plantas perennes y longevas, como los árboles, poseen elementos significativos en común con los animales. De modo similar, «animales» incluye a especies relativamente fecundas como las gallinas, que poseen algunos elementos en común con las plantas (p. ej., el potencial de sustituir anualmente las poblaciones comerciales), así como especies longevas y muy extendidas como el dromedario.

PARTE 4

La capacidad institucional de conservación de recursos zoogenéticos es limitada; solo existen unas cuantas colecciones nacionales *ex situ*, principalmente en países desarrollados. Entre las instituciones del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), sólo el Instituto Internacional de Investigaciones Agropecuarias (ILRI) y el Centro Internacional de Investigación Agrícola en las Zonas Secas (ICARDA) tratan de mejorar activamente la gestión de los recursos zoogenéticos, pero ninguna de ellas posee un programa en marcha para el almacenamiento a largo plazo del plasma germinal. La propiedad de los recursos zoogenéticos se concentra casi exclusivamente en el sector privado. Por lo tanto, se requiere una mejora sustancial de la capacidad global de conservación y uso de los recursos zoogenéticos, con nuevos modelos institucionales y mayor colaboración entre instituciones públicas, y entre estas y los ganaderos privados, si se desean aplicar las recomendaciones del proceso SoW- recursos zoogenéticos.

5 Información para las decisiones de conservación

El establecimiento de prioridades para la conservación de recursos zoogenéticos requiere un proceso que permita identificar las razas que más contribuyen a la diversidad genética global y que poseen el máximo potencial para contribuir a la futura utilización y desarrollo de dicha diversidad. Otros criterios adicionales, como el valor cultural o patrimonial de una raza, afectan asimismo a las prioridades de conservación.

La evaluación de la probable diversidad genética presente en un conjunto de razas se puede basar en una variedad de criterios, que incluyen:

- diversidad de caracteres, que es la diversidad en las combinaciones reconocibles de características fenotípicas que definen la identidad de la raza;

- diversidad genética molecular, basada en las medidas objetivas de las relaciones genéticas entre razas a nivel del ADN;
- evidencia de aislamiento genético en el pasado a consecuencia de un aislamiento geográfico, o de políticas de cría y preferencias culturales aplicadas en las comunidades donde surgieron dichas razas.

La diversidad de caracteres se basa en diferencias fenotípicas heredables entre razas. Cuando se comparan razas en condiciones ambientales comparables, su diversidad de caracteres es necesariamente indicativa de una diversidad genética funcional subyacente. Por dicha razón, debería priorizarse la conservación de razas que poseen combinaciones de caracteres únicos o singulares, ya que sus características fenotípicas únicas reflejan necesariamente combinaciones genéticas subyacentes también únicas. La diversidad de caracteres expresados a nivel de rasgos cuantitativos complejos, como la resistencia a enfermedades, producción de leche o tasa de crecimiento, suele recibir una prioridad de conservación más alta que la diversidad de caracteres asociada a rasgos de transmisión simple, como el color de la piel o plumaje, forma de cuernos o tipo corporal. Estos caracteres de transmisión simple se pueden cambiar rápidamente en respuesta a las preferencias de los propietarios, en tanto que las diferencias en los caracteres cuantitativos complejos implican a un mayor número de genes, tardan más tiempo en cambiar, y poseen por tanto un mayor potencial de reflejar la diversidad genética subyacente.

Cada vez existen más medidas directas de las relaciones moleculares entre razas, que además proporcionan una indicación de la diversidad genética. Dichas mediciones se basan en la variación en secuencias de ADN, generalmente en regiones neutras del ADN que parecen no influir en el rendimiento animal o su fenotipo. Por esta razón, las mediciones moleculares de la diversidad genética reflejan diferencias en la historia evolutiva, pero solo dan indicaciones indirectas de la diversidad genética en las regiones funcionales

Recuadro 97 Toma de decisiones en conservación y utilización – uso de datos sobre diversidad genética

Solo recientemente se ha reconocido y aplicado el valor de los datos sobre diversidad genética en la conservación y utilización de los recursos zoológicos. El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) está prestando apoyo a un proyecto sobre la conservación de ganado bovino, ovino y caprino tripanotolerante en cuatro países de África occidental, que se inició en 2005. En gran parte de la región, se ha diluido la pureza de las razas tripanotolerantes debido a anteriores cruzamientos con razas no tripanotolerantes. No obstante, esta falta de pureza no salta inmediatamente a la vista en el aspecto de los animales. Se están utilizando marcadores genéticos moleculares para cartografiar la diversidad de estas razas e identificar las poblaciones más puras, en las que luego se centrarán las tareas de conservación y mejora. Entretanto, un programa en curso de la Organización Internacional de Energía Atómica (IAEA) está cartografiando la diversidad genética molecular en razas asiáticas de ovejas y cabras. Los datos de diversidad genética se combinarán más tarde con datos fenotípicos para identificar razas en las que hayan evolucionado diferentes mecanismos de resistencia ante la misma enfermedad. Dichas razas se cruzarán, y se utilizarán marcadores genéticos moleculares para cartografiar los genes que controlan la resistencia y confirmar que en diferentes razas han evolucionado diferentes mecanismos de resistencia. Si esto se confirma, dichos mecanismos diferentes podrán utilizarse en ulteriores programas de mejora genética.

Fuente: John Gibson.

sobre distancia genética, que se obtiene a partir de unos pocos marcadores genéticos escogidos al azar, no da información sobre variaciones genéticas concretas, como la del alelo de doble musculación en ganado Belgian Blue, o la del gen del enanismo en la raza Dexter (Williams, 2004). Por dicha razón, la diversidad de caracteres justifica que se tomen en consideración en primer lugar cuando se escogen candidatos a la conservación. Sin embargo, las razas fenotípicamente similares pueden evolucionar a consecuencia de diferentes mecanismos genéticos, y las medidas de diversidad genética molecular pueden contribuir a identificar razas que son superficialmente semejantes pero genéticamente distintas. Del mismo modo, está justificado conservar razas genéticamente únicas porque es más probable que dichas razas presenten diversidad genética funcional en caracteres que previamente no se habían medido o expresado, pero que pueden ser de importancia futura en nuevos mercados, o por exposición a nuevas enfermedades, o en condiciones productivas distintas.

Las medidas de diversidad genética molecular son atractivas como base para las decisiones de conservación porque proporcionan medidas cuantitativas del grado de parentesco que, a su vez, pueden utilizarse para evaluar la diversidad genética en un conjunto de razas. En cambio, la diversidad de caracteres es más difícil de cuantificar objetivamente, especialmente en caracteres cuantitativos y en pequeños grupos de razas. En el pasado, la cuantificación de diferencias fenotípicas se ha centrado principalmente en mediciones morfológicas a nivel de especie o subespecie en poblaciones naturales. En ausencia de un acceso generalizado a la información genética molecular, los resultados tenían valor como indicadores de distancia evolutiva, pero no son tan útiles en animales domésticos en los que la selección artificial puede conducir a rápidos cambios morfológicos, como los observados en perros domésticos o aves de concurso. Así pues, la evaluación objetiva de la diversidad genética en loci funcionales o potencialmente funcionales

o potencialmente funcionales del ADN. Razas que parecen estrechamente relacionadas sobre la base de sus frecuencias alélicas en loci neutros pueden embargo diferir, sin embargo, notablemente en loci funcionales debido a divergencias en sus historias evolutivas. Por ejemplo, la información

PARTE 4

Recuadro 98 Análisis espacial de la diversidad genética

Cartografiar la información genética molecular mediante un Sistema de Información Geográfica (GIS) permite el análisis espacial de la información genética. Un GIS puede usarse para estudiar estructuras espaciales, distribución y distancia de datos genéticos; para simular migraciones de poblaciones animales en el paisaje; para visualizar y analizar estructuras poblacionales geográficas; para definir zonas de diversidad; para detectar áreas de diferenciación genética; y para examinar la interacción entre entorno y variantes genéticas.

El proyecto Econogene (<http://lasig.epfl.ch/projets/econogene/>) se diseñó para combinar la genética molecular con el análisis espacial para documentar la distribución espacial y los factores medioambientales correlacionados con la diversidad genética entre pequeños rumiantes en Europa. Se tomaron muestras de ADN de más de 3 000 animales distribuidos entre Portugal y Turquía oriental. En dichos animales se midieron 30 microsatélites, 100 AFLP y 30 SNP, y se registraron más de 100 variables medioambientales. Luego se utilizaron herramientas de geovisualización (GVIS) para observar los patrones de asociación física entre diversos componentes de variación genética y de factores medioambientales espacialmente variables. Dichas visualizaciones condujeron a formular hipótesis respecto a las asociaciones causales entre factores ambientales y antrópicos y la variación genética. Por ejemplo, se estudió la

asociación de alelos de varios marcadores moleculares con variables ambientales seleccionadas. La prueba incluía un conjunto de marcadores moleculares AFLP, que no estaban relacionados con ningún carácter concreto, y una serie de variables medioambientales (temperatura media, extremos de temperaturas diurnas, humedad relativa, insolación, frecuencia de heladas superficiales, frecuencia de días húmedos, velocidad del viento, y precipitaciones). Se observó una asociación significativa de tres marcadores AFLP con una o más variables, que probablemente indicaba una adaptación a un entorno húmedo (p. ej., coeficiente de variación de las precipitaciones, número de días húmedos, humedad relativa, insolación, y rango de temperaturas diurnas medias).

Los resultados se compararon con los obtenidos tras la aplicación de un método de genética poblacional completamente independiente. Dos marcadores genéticos evidenciaron hallarse bajo selección mediante ambos enfoques, validando el 31 % de las asociaciones significativas identificadas por el análisis espacial. Dichos resultados son particularmente alentadores, ya que parecen validar un enfoque que es independiente de cualquier modelo de genética poblacional (véase Joost (2005) para más detalles).

Fuentes: Paolo Ajmone Marsan y el Consorcio ECONOGENE.

obligará a desarrollar métodos objetivos que combinen la información sobre diversidad genética molecular y de caracteres (véase la Sección F:8).

La información histórica o documental de un aislamiento genético de larga duración se puede utilizar en ausencia de información sobre la diversidad genética molecular o de caracteres, pero también puede llevar a engaño. La teoría de la genética poblacional muestra que niveles muy bajos de movimiento de animales entre

poblaciones aparentemente aisladas pueden impedir eficazmente una diferenciación genética significativa. Es decir, las razas con una historia de aislamiento genético son candidatos importantes para una cuidadosa caracterización genética a nivel molecular y de caracteres, pero es mejor tomar decisiones finales sobre su singularidad genética utilizando herramientas más objetivas. Debe reconocerse, sin embargo, que las razas agropecuarias desarrolladas como resultado de preferencias culturales en comunidades

rurales aisladas pueden formar una parte importante de la identidad y patrimonio de dicha comunidad. La conservación de dichas razas puede merecer consideración si se incluyen en un plan de desarrollo comunitario más amplio, independientemente de su valor esperado como recurso genético global único.

6 Conservación *in vivo*

El término «conservación *in vivo*» describe la conservación de animales vivos y comprende métodos de conservación *in situ* y *ex situ in vivo*.

6.1 Antecedentes

La conservación de recursos zoogenéticos tiene lugar en una amplia variedad de contextos, que difieren en cuanto a especie, raza, región geográfica, y sistemas sociales, económicos y agrícolas. La conservación puede tener asimismo una amplia gama de objetivos. Se puede hacer hincapié en la conservación *per se* de los recursos genéticos o la diversidad; en los servicios medioambientales mediante los cuales el ganado contribuye a la conservación del conjunto del ecosistema; en las consecuencias socioeconómicas de la conservación; o en la importancia cultural de mantener determinadas razas pecuarias. Los distintos enfoques adoptados en la conservación de recursos zoogenéticos pueden diferir significativamente en su capacidad de alcanzar los diversos objetivos de conservación, y en su aplicabilidad en diferentes contextos.

Es posible visualizar las técnicas de conservación *in vivo* como una escala de enfoques distintos: en el extremo *in situ* de la escala estaría el mantenimiento de las razas en sus sistemas productivos originales, en tanto que en el extremo *ex situ in vivo* se mantendrían las razas en zoológicos. Entre ambos extremos estaría: el mantenimiento de especies en condiciones de explotación ganadera pero fuera del entorno en el que evolucionaron; el mantenimiento de cifras limitadas de animales en granjas de conservación

especializadas, en rebaños experimentales o educativos; y el mantenimiento de razas para la gestión paisajística o de pastos en áreas protegidas. Ante la diversidad de medidas potenciales de conservación, resulta a veces difícil establecer una distinción clara entre enfoques *in situ* y *ex situ in vivo*. Por ejemplo, se puede argumentar que las granjas gubernamentales siguen métodos de conservación *in situ* o *ex situ in vivo* dependiendo de su localización y de las prácticas ganaderas.

No existe una receta única para lograr el éxito en un programa de conservación. Se han emprendido numerosas actividades de conservación de razas, particularmente desde la década de 1980. Sin embargo, prácticamente no se ha intentado analizar adecuadamente los factores que subyacen en el éxito o fracaso de los programas de conservación *in vivo*. Dichos análisis tienen también limitaciones debido a la escasa disponibilidad de datos.

6.2 Gestión genética de poblaciones

Para una descripción detallada de muchos de los requisitos para la gestión genética de poblaciones véase Oldenbroek (1999).

Pequeñas poblaciones y variación genética

Siempre que las razas se conservan *in vivo*, ya sea *in situ* o *ex situ*, deben tratarse de manera que se mantenga su variación genética a largo plazo. Es un hecho conocido que un tamaño poblacional pequeño puede conducir a una pérdida de diversidad alélica y a un aumento de la consanguinidad. Mantener un tamaño poblacional efectivo suficiente para conservar la variación genética constituye un tema central de la gestión a largo plazo de una raza. Aparte de aumentar el número de ejemplares en la población, las técnicas de gestión para mantener la diversidad genética incluyen conseguir un estrecho cociente entre sexos. Porque aunque el número de hembras de la población sea alto, los programas de selección de alta intensidad pueden reducir considerablemente el número

PARTE 4

de machos reproductores, y llevar a un tamaño poblacional efectivo pequeño, con el consiguiente aumento de la endogamia. Otro método consiste en minimizar la varianza en el número de descendientes de animales reproductores individuales, lo cual reduce la relación media entre animales disponibles para la cría en la generación siguiente.

La población debe tener asimismo el tamaño suficiente para que la selección natural pueda eliminar mutaciones deletéreas que de no ser así se podrían acumular en la población debido a deriva genética. Para el manejo de pequeñas poblaciones, es significativo que exista un umbral de tamaño poblacional efectivo por debajo del cual la aptitud biológica de la población disminuye incesantemente. En base a las estimaciones más recientes de las tasas de mutación, dicho umbral de tamaño poblacional parece estar entre 50 y 100. Por tanto, el tamaño poblacional mínimo necesario tendrá que ser superior a 50.

Otra posible técnica de gestión es el uso de material genético crioconservado en programas de conservación *in vivo* para aumentar el tamaño poblacional efectivo. También se ha propuesto el uso combinado de información genética molecular y de pedigrí. Dichas técnicas, sin embargo, requieren una pericia y gasto considerables, y pueden resultar demasiado costosas para muchos países. La mayoría de modelos teóricos y de aplicación que se han desarrollado se refieren a poblaciones con pedigrí con un alto grado de manejo del animal y del rebaño. Probablemente dichos modelos solo serán relevantes para un número limitado de especies en un número limitado de países. Se han aplicado programas de manejo en poblaciones con información genealógica limitada (Raoul *et al.*, 2004). Sin embargo, deberán hacerse pruebas sobre el terreno y más labor metodológica para adaptarlos a situaciones con capacidad organizativa y económica limitada.

Selección en razas locales

Las razas son dinámicas, y experimentan un cambio genético continuo en respuesta a los factores medioambientales y a la selección

activa realizada por los ganaderos. Las razas autóctonas de los países en desarrollo rara vez están sometidas a las técnicas modernas de cría. No obstante, los programas de selección pueden aumentar la frecuencia de genes deseables para la productividad y rentabilidad de las razas locales. Dichos programas serán sin duda imprescindibles si se desea que las razas locales sigan siendo una opción viable para el sustento de los granjeros que las mantienen. Los programas de selección deben tomar en consideración el mantenimiento de la variación genética dentro de la raza así como los riesgos asociados a un alto nivel de consanguinidad. Los caracteres a seleccionar deben registrarse con exactitud, y las respuestas más altas a la selección provienen del uso de estimaciones genéticas estadísticas del valor reproductivo. La cría controlada, basada en estimaciones del valor reproductivo, conduce a tasas de endogamia entre dos y cuatro veces superiores a las resultantes de una selección aleatoria de progenitores. No obstante, se han desarrollado técnicas para optimizar la selección y conseguir un adecuado equilibrio entre endogamia y mejora genética. Dichos métodos podrían ser particularmente útiles en pequeñas poblaciones, pero se ha hecho poco para estudiar su aplicación óptima en países en desarrollo. Generalizando mucho, la mejora genética de las razas locales suele implicar un mayor énfasis en las características¹⁹ que contribuyen a menores costos productivos, y en los valores culturales y medioambientales de los sistemas productivos asociados. Los caracteres propuestos para selección deberán evaluarse cuidadosamente respecto a sus relaciones genéticas con los caracteres que determinan el valor de conservación de la raza, para evitar posibles efectos negativos en caracteres adaptativos clave.

¹⁹ Se está haciendo mucho hincapié en resistencia a enfermedades, eficiencia de la conversión de pienso y adaptación general en la aplicación de la mejora genética en razas de más interés comercial, debido al temor de un posible fallo en las medidas de control de enfermedades, de una reducción o eliminación legislada del uso de antibióticos, así como del coste de los insumos externos, relacionado particularmente con el uso de combustibles fósiles.

6.3 Estrategias de autosostenimiento para razas locales

La sostenibilidad de una determinada raza se ve afectada por muchos factores, que incluyen: cambios culturales, sociales y de la demanda de alimentos; transformación de la cadena de producción alimentaria; cambios de políticas y de marcos legales nacionales e internacionales que afectan a la importación de plasma germinal y productos agropecuarios; desarrollo económico; y cambios tecnológicos. En la mayoría de casos, es una combinación de cambios de los sistemas productivos y de la falta de rentabilidad económica en una determinada coyuntura la que desempeña el papel principal en el declive de una raza. Surge la pregunta: ¿qué opciones existen para detener e invertir el proceso de declive de una raza? Más abajo se describen posibles opciones para conseguir la autosostenibilidad.

Identificación y promoción de productos de calidad

Muchas razas locales pueden proporcionar productos únicos que pueden ser de una calidad superior a la de los obtenidos a partir de razas comerciales altamente productivas. Las razas locales y sus productos pueden también valorarse como parte característica de los sistemas agrícolas tradicionales. Además, muchas razas locales han desempeñado durante mucho tiempo un papel central en la vida social y cultural de las poblaciones rurales – incluyendo tradiciones religiosas y civiles, folklore, gastronomía, productos especializados y artesanías (Gandini y Villa, 2003).

Dichas características podrían ser la base de una producción pecuaria diversificada, y aumentar la rentabilidad de las razas locales. Se han promovido objetivos de conservación tanto mediante subvenciones directas (véase más adelante), como mediante la promoción de productos especializados de alto valor. Este último enfoque ha tenido un éxito especial en las áreas mediterráneas, en las que la diversidad de razas y sistemas productivos sigue asociada a un conjunto diverso de productos

animales, preferencias alimentarias y tradiciones culturales. Lamentablemente, incluso en esa parte del mundo, es probable que la mayoría de dichas interconexiones, que seguían vigentes a mediados del siglo XIX, se hayan perdido. La estrategia recibe apoyo de los actuales sistemas de certificación europeos para productos agrícolas, como la PDO (Denominación de Origen Protegida) y la PGI (Indicación Geográfica Protegida), así como mediante la promoción de marcas comerciales específicas.

En el caso de Europa, dichos esfuerzos de conservación se aplican en el marco de una economía altamente desarrollada que puede absorber diferentes productos de alto valor, así como actuaciones para fomentar los objetivos culturales y medioambientales. Parecidas oportunidades para aplicar dichos enfoques en economías menos desarrolladas van a ser probablemente más escasas; pero existen ejemplos, como el mayor precio pagado por la carne de los cerdos criollos nativos de Yucatán, México, o por la carne de gallina oriunda de varios países asiáticos y africanos. A medida que las economías se desarrollen, es probable que la identidad cultural de las razas revista más importancia como un aspecto de la comercialización y como objetivo de política, y ofrezca por tanto mayores oportunidades para la consecución de la autosostenibilidad de las razas.

Servicios ecológicos

Las razas adaptadas a las condiciones productivas locales suelen ser muy adecuadas para prestar servicios medioambientales como la gestión paisajística, que incluye la estimulación de determinados tipos de vegetación, control de incendios y aludes, y la limpieza del sotobosque en los tendidos eléctricos y en los corredores para la fauna salvaje (reduciendo por tanto el uso de herbicidas). Incluso en países menos desarrollados pueden darse oportunidades para mantener una variedad de razas culturalmente importantes mediante el turismo ecológico y cultural, así como otros enfoques novedosos para mejorar los ingresos de los ganaderos. Un ejemplo podría ser

PARTE 4

el uso de ganado local para mantener sanos los ecosistemas que promueven una mayor densidad y diversidad animal en grandes parques naturales. El desafío estriba en convertir dichos servicios en remuneraciones económicas para los ganaderos.

Medidas incentivadoras

Frecuentemente, la razón del declive del número de ejemplares de una raza suele ser la falta de rentabilidad respecto a otras razas, que a su vez les hace perder popularidad entre los ganaderos. Un posible enfoque de la conservación consiste en ofrecer a los ganaderos incentivos económicos para compensarles por la pérdida de ingresos al criar la raza menos rentable. Dicho enfoque sólo es factible si hay recursos suficientes y si existe la voluntad política de gastar fondos públicos para cumplir los objetivos de conservación; si la caracterización de la raza basta para poder identificar y clasificar las poblaciones de la raza según su estado de riesgo; y si existe capacidad institucional para poder identificar a los ganaderos más aptos, monitorizar sus actividades, y administrar los pagos. No es quizá sorprendente que los programas de incentivos para la conservación de razas se hayan visto en gran medida limitados a Europa. Hay programas en curso en la UE desde 1992 (véase la Parte 3 – Sección E:3 para un comentario más detallado de la legislación europea que cubre los pagos incentivados). Dichos incentivos han detenido el declive de algunas, pero no todas las razas. Existe asimismo una serie de planes a nivel nacional, la mayoría de nuevo en Europa (véanse algunos ejemplos en el Recuadro 100). Incluso si tienen éxito, la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas de incentivos es cuestionable. Puede valer la pena investigar el uso de incentivos más específicos; en Europa, por ejemplo, la eliminación de los cupos de producción lechera para las razas en peligro podría promover su uso más amplio. En general, los incentivos económicos deberían diseñarse para acelerar la consecución de la autosostenibilidad de la raza más que limitarse meramente a proporcionar un apoyo económico temporal.

Utilización en sistemas productivos

La mayor productividad resultante de la mejora genética de las razas locales puede implicar una mayor intensidad de gestión y la necesidad de una infraestructura de apoyo. Por otro lado, la mejora de los sistemas productivos y de la infraestructura puede estimular la mejora de la raza local y/o la importación de nuevas razas. Dichos cambios pueden ser tanto una oportunidad como una amenaza para el mantenimiento de las razas locales. Por ejemplo, los cruzamientos indiscriminados pueden constituir una amenaza mayor. No obstante, si se estructura adecuadamente, el cruzamiento puede llevar al mantenimiento de la raza local, por ejemplo, mediante hembras reproductoras muy adaptadas y eficientes en un programa recurrente de cruzamiento. Desgraciadamente, se sabe poco del impacto de la mejora de sistemas productivos e infraestructura en el nivel de vida y seguridad alimentaria de la población local conservando al mismo tiempo los recursos zoológicos autóctonos.

6.4 Comparación entre enfoques *in situ* y *ex situ* en la conservación *in vivo*

Dadas las estrechas y complejas relaciones entre comunidades autóctonas, medio ambiente y ganado, así como la falta generalizada de servicios e infraestructura para la cría, la gestión comunitaria de los recursos zoológicos se suele ver como solución (Köhler-Rollefson, 2004), y recibe un amplio apoyo por parte de las ONG. Sin duda alguna, dichos enfoques comunitarios de la conservación parecen la opción preferible si refuerzan la mejora ulterior de la raza y su capacidad para aumentar el nivel de vida de los ganaderos. Muchas de las estrategias de conservación basadas en productos de alto valor o en servicios productivos, descritas anteriormente, se han desarrollado alrededor de una conservación *in situ* basada en la comunidad. Debe garantizarse que el mantenimiento de las razas locales mejora las condiciones de vida a corto y largo plazo de las comunidades que las crían. Si esto no es así, dichas estrategias serán insostenibles porque a la larga las

comunidades optarán por razas alternativas que les mejoren su nivel de vida.

En el mundo en desarrollo existen efectivamente enfoques de gestión basados en la comunidad. El ejemplo descrito en el Recuadro 102 ilustra que, aunque los sistemas productivos tradicionales estén amenazados, se puede seguir avanzando hacia objetivos como la gestión comunal de los pastos, la mejora de los recursos genéticos, y el

fortalecimiento del desarrollo social. No obstante, el ejemplo de Nepal (Recuadro 103) muestra que, si las condiciones productivas cambian, la importación de recursos genéticos puede ser una opción viable para los pequeños ganaderos. Aunque en este caso la vida de los ganaderos ha mejorado, los recursos genéticos de los búfalos locales han dejado de utilizarse. El ejemplo ilustra el reto que supone conciliar estrategias que de

Recuadro 99

Conservación in situ de la Oveja Noruega Asilvestrada

La Oveja Noruega Asilvestrada es una reliquia de las poblaciones ovinas que se criaban en Noruega en época de los vikingos. En 1995, se confirmó que la raza estaba amenazada de extinción. Había unos 2 000 ejemplares en el país en aquel momento, la mayoría en la zona occidental de Noruega.

Un puñado de individuos comprometidos se concentraron en una activa comunidad de Austevoll, del condado de Hordaland, dedicada desde hacía tiempo a la cría ovina, y decidieron intentar salvar la Oveja Asilvestrada y promover un sector de nicho basado en la raza. En junio de 1995 se formó la Asociación Noruega de Oveja Asilvestrada. Dicha asociación es una cooperativa de ámbito nacional, con unos 300 miembros. Los objetivos de la asociación son conservar la raza y mejorar su rentabilidad, adaptando los métodos productivos y los productos a las exigencias del mercado, y aumentando la concienciación pública respecto a ello.

La asociación creó rápidamente un conjunto de estándares productivos que debían cumplirse para que los productos recibieran la certificación de denominación «Oveja Asilvestrada». Dichos estándares incluían una descripción de la raza y determinadas condiciones respecto a los métodos de producción. Un aspecto importante de los estándares de producción de la asociación consistía también en proteger los métodos ganaderos tradicionales, que eran una continuación del método con el que se habían criado las Ovejas Asilvestradas durante siglos. Se especificó que las ovejas vivieran al aire libre durante todo el año, y que tuvieran acceso a un cobertizo resguardado sólo si no había un refugio natural. Otra regla era que se prohibía

el uso de concentrados de pienso. La carne de la Oveja Asilvestrada ha sido bien acogida por los consumidores. Es una carne sabrosa, de mucho carácter, que se considera un producto nicho de moda. Otro objetivo importante de la asociación era mantener los brezales costeros y otros paisajes culturales. Dichos paisajes, en los que apacientan las Ovejas Asilvestradas, se han convertido en populares atracciones turísticas.

En 2003, solo ocho años después de la introducción de las primeras medidas de conservación, la población de Ovejas Asilvestradas superó los 20 000 ejemplares. La mayoría de Ovejas Asilvestradas se sigue hallando en la zona occidental de Noruega, pero hay iniciativas para introducir esta forma especial de ganadería ovina en las regiones costeras del centro y norte de Noruega, como parte del desarrollo del sector rural en dichas áreas.

Fuente: Erling Fimland.



Fotografía: Erling Fimland

PARTE 4

manera simultánea mejoren el nivel de vida y consigan los objetivos de conservación.

Aunque la conservación *in situ* es el método de conservación más frecuentemente adoptado en Europa, existen también varios ejemplos de programas de conservación *ex situ in vivo*, en parques granja y en algunos casos, en zoológicos. En el Reino Unido existen actualmente 17 Centros Acreditados por la Fundación para la Supervivencia de Razas Raras²⁰. Una de dichas granjas, el Parque Granja de los Cotswold²¹, atrae anualmente más de 100 000 visitantes. En Alemania, Falge (1996) menciona 124 instituciones que mantienen animales de 187 razas y nueve especies agropecuarias. Instituciones semejantes existen en muchas otras partes de Europa, por ejemplo en Italia, Francia y España, así como en América del Norte. Un aspecto particularmente valioso de los parques granja es que contribuyen a la concienciación pública respecto a la conservación de los recursos zoogenéticos. Para algunas especies, como las aves, las organizaciones de criadores aficionados entusiastas desempeñan un papel en la conservación de razas locales. El primer ejemplo de área protegida para razas domésticas infrecuentes tuvo lugar en Hungría, donde las razas nativas se conservan en la Puszta (un área de humedales y llanuras pobladas por gramíneas en la parte oriental del país). Ejemplos parecidos pueden encontrarse ahora en otras partes de Europa y en otros lugares.

En los países en desarrollo, las actividades de conservación *ex situ in vivo* más frecuentemente observadas se dan en rebaños o manadas propiedad del Estado. La evidencia proporcionada en los Informes nacionales sugiere que no existe suficiente información para determinar la sostenibilidad de dichos programas de conservación. Parece que prácticamente toda la conservación *ex situ in vivo* en los países en desarrollo se utiliza para dar apoyo al uso continuo de los recursos zoogenéticos por parte de los ganaderos – lo cual suscita la pregunta

de si la conservación *ex situ in vivo* es un enfoque viable para la conservación de recursos zoogenéticos que actualmente ya no se usan.

Recuadro 100 Ejemplos de programas de pago incentivado a nivel nacional

En el Reino Unido, el programa que dirige English Nature (una agencia gubernamental de conservación de la naturaleza) llamado Incentivo para Razas Tradicionales engloba al ganado criado en localidades de interés científico especial, o en sus alrededores (English Nature, 2004). La premisa es que las razas tradicionales suelen estar mejor adaptadas a pacer en la vegetación que se encuentra en dichas localidades, y por tanto son superiores cuando el apacentamiento es necesario para los objetivos de conservación. En este caso, el objetivo es más amplio que la simple conservación de las razas *per se*, y los pagos incentivados a los ganaderos pueden considerarse, parcialmente, como remuneración de los servicios medioambientales prestados.

En Croacia, los criadores registrados de las razas localmente adaptadas en peligro, reciben subvenciones estatales que totalizan unos USD 650 000 anuales (IN de Croacia, 2003). El programa cubre catorce razas, entre las que se incluyen el bovino Istrian, el bovino Slavonian-Podolian, el caballo Posavina, el caballo Murinsulaner, el cerdo Turopolje, el cerdo Black Slavonian, la oveja Istrian, la oveja Ruda, el pavo Zagorje y algunas razas de asnos. De modo similar, en Serbia y Montenegro, el Departamento de Recursos Fitogenéticos y Zoogenéticos del Ministerio de Agricultura mantiene un programa de remuneración para apoyar la conservación *in situ* de las razas localmente adaptadas de caballos, ganado bovino, cerdos y ovejas (Marczin, 2005).

En Myanmar, han aumentado las cifras poblacionales de ganado Shwe Ni Gyi merced al suministro de semen subvencionado, así como gracias al pago de una pequeña cantidad (equivalente a USD 1) a los propietarios cuando dan de alta un animal de raza pura (Steane et al., 2002).

²⁰ http://www.rbst.org.uk/html/approved_centres.html

²¹ <http://www.cotswoldfarmpark.co.uk>

Existe una clara necesidad de conocer más a fondo el diseño y aplicación de la conservación *in vivo*, particularmente en los países en desarrollo.

7 Estado actual y perspectivas futuras de la crioconservación

Desde el desarrollo inicial de la IA a mediados de la década de 1940 hasta las posibilidades más recientes que ofrece el almacenamiento y transferencia de ADN, las biotecnologías reproductivas han sido fundamentales para la transferencia de material genético *in vivo* e *in vitro*. Las técnicas actualmente accesibles y económicamente viables para la conservación *in vitro* de recursos zoogenéticos incluyen la crioconservación de células reproductivas, embriones y tejidos. Los materiales conservados mediante estas técnicas siguen siendo viables y funcionales durante decenios o incluso siglos. Ahora bien, dado que dichas tecnologías llevan relativamente poco tiempo de existencia, evaluar exactamente su potencial longevidad está aún por demostrar. Biotecnologías más recientes, que incluyen la clonación, la transgénesis y la transferencia de material somático, tiene un gran potencial en aplicaciones futuras de la conservación de recursos zoogenéticos, pero actualmente solo son accesibles para unos cuantos laboratorios. La baja fiabilidad y los enormes costos de dichas tecnologías son dos factores que probablemente limitarán su aplicación en la conservación de recursos zoogenéticos en años venideros. Por tanto, este capítulo se centra primordialmente en las biotecnologías reproductivas punteras que son económica y técnicamente accesibles en la mayoría de áreas geográficas. Existe documentación previamente publicada, como las «Guías para el desarrollo de planes nacionales de gestión de los recursos genéticos en animales de granja» (FAO, 1998c) y las «Guías para la constitución de programas nacionales de crioconservación para animales de granja» (ERFP, 2003) que proporcionan más detalles sobre las aplicaciones.

Recuadro 101 Un índice del potencial desarrollo económico para encauzar las inversiones de conservación *in situ*

El proyecto Econogene combina el análisis molecular de la biodiversidad con la socioeconomía y la geoestadística para estudiar la conservación de recursos genéticos en ovejas y cabras así como el desarrollo rural en agrosistemas marginales de toda Europa. Se han recogido muestras de material genético de diecisiete países de Europa y Cercano y Medio Oriente. (<http://lasig.epfl.ch/projets/econogene/>)

Uno de los objetivos era hacer más efectivo el gasto de fondos. El proyecto creó un índice de potencial de desarrollo, una sencilla herramienta que puede usarse para determinar dónde puede gastarse mejor el dinero público para maximizar la respuesta. Se puede aplicar a diferentes niveles: desde una única granja hasta una región. El índice es una suma ponderada de otros tres subíndices que miden: 1) las características económicas de la empresa o granja (valor único o la media de una región), 2) las características sociales de la empresa o granja, 3) estrategias de comercialización. Cada subíndice se basa en un conjunto de insumos. En el caso del estudio Econogene de razas europeas de ovejas y cabras, las ponderaciones relativas del índice de desarrollo económico fueron: 50 % para la dimensión económica, 30 % para la dimensión social, y el 20 % restante para estrategias de comercialización. El índice no incluye factores medioambientales como condiciones climáticas, disponibilidad de terreno agrícola o pastos, ni tampoco factores de la administración pública. Dichos factores pueden afectar a los resultados cuando se aplican las herramientas de política, pero el índice sólo evalúa el potencial económico que resulta de las características y comportamiento del sector privado.

Fuentes: Paolo Ajmone Marsan y del consorcio ECONOGENE.

PARTE 4

Recuadro 102

Programa de conservación in situ basado en la comunidad – un ejemplo de Patagonia

Las cabras criollas Neuquén son la principal fuente de ingresos y de proteína animal para muchas familias del norte de la provincia de Neuquén en la Patagonia argentina. Dichas cabras están bien adaptadas a la trashumancia que ha constituido el modo tradicional de vida de los criadores de cabras o crianceros. No obstante, la sostenibilidad del sistema se ve amenazada por cambios que restringen el movimiento del ganado, especialmente el cercado de áreas tradicionales de pasto. Además, las perspectivas educativas, de empleo y de mejor vivienda que ofrece un estilo de vida más urbano favorecen la sedentarización. Durante la década de 1980 se intentó introducir ganado caprino de Angora y Anglo-Nubian para la producción de fibra y leche, pero resultó un fracaso debido a la dureza del entorno. Por si fuera poco, el cruzamiento indiscriminado plantea una amenaza a los recursos genéticos locales.

En 2001 se inició un programa de conservación y mejora de la cabra criolla Neuquén bajo los auspicios del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y de la Oficina provincial de Agricultura. Se han introducido innovaciones organizativas y tecnológicas que promueven la continuidad de sistema tradicional en circunstancias cambiantes. Los criadores de cabras se han integrado en el programa desde su inicio a través de asociaciones de productores que desempeñan un papel líder en el desarrollo y difusión de las nuevas tecnologías.

La labor de mejora genética se orienta hacia la conservación de la variabilidad genética de la raza, de su resistencia y eficiencia productiva en el marco del sistema tradicional. El programa desarrolla un sistema para proporcionar líneas mejoradas de ecotipos locales basadas en los criterios de selección de los propios crianceros. Las preferencias se inclinan por animales grandes pero compactos que den una buena producción cárnica y puedan soportar entornos extremos. Los crianceros también prestan atención a la adecuación de las hembras para la reproducción



Fotografía: María Rosa Lanari

y el cuidado de la prole. La preferencia por las cabras blancas tiene que ver con la comercialización del pelo. En cambio, las cabras de pelaje de color se consideran más fáciles de manejar en pastos cubiertos de nieve. Dicha preferencia es más acusada en zonas donde la nieve dura más tiempo. Otros avances incluyen medidas para aumentar el valor de los productos caprinos. La carne de cabrito se vende ahora bajo una «indicación geográfica» distintiva. Dicha innovación comercial-legislativa aumenta la rentabilidad del producto tradicional del sistema. Una nueva actividad de los productores es la obtención del cachemir. Estudios recientes de la fibra de esta raza han revelado el potencial que el producto tiene. A los crianceros se les han proporcionado peines y se les ha enseñado a recoger y clasificar la fibra.

Así pues, el objetivo es impedir la dilución genética de la raza como parte de los esfuerzos integrados para conservar el sistema productivo subyacente. La raza de cabra, el entorno local, la cultura y las prácticas tradicionales de los crianceros se consideran bienes o activos valiosos que pueden utilizarse para mejorar el desarrollo de esta zona rural.

Fuente: María Rosa Lanari.
Para más información, véase: FAO (2007a).

Recuadro 103**Cambios en los sistemas productivos que conducen a la sustitución de los búfalos locales – el caso de Nepal**

La parcelación de los pastos disponibles a consecuencia del crecimiento poblacional ha tenido una gran repercusión en los sistemas tradicionales de ganadería en las tierras altas de Nepal. Las familias rurales con acceso a los crecientes mercados urbanos han sustituido el ganado local y las búfalas de baja productividad por búfalas de leche de alta productividad que permiten su estabulación. En menos de 30 años, más del 95 % de los núcleos familiares de la zona cubierta por este estudio de caso han sustituido su ganado local y las búfalas Lime por una a tres búfalas Murah de leche, de alta productividad, de las tierras bajas de la India. Cerca de un 65 % de las familias adquieren cada año ejemplares en plena lactancia, y venden las que no dan leche para cría o carne. Las búfalas importadas se crían en las tierras bajas de la India, y son seleccionadas por mercaderes indios, que las transportan a las tierras altas de Nepal, y compran los animales sin leche. Estos comerciantes privados han desempeñado un papel mucho más importante que el gobierno en la promoción del uso de animales más productivos. El búfalo local y otras razas de ganado bovino seguirán siendo importantes en áreas rurales más remotas, donde seguirán proporcionando tracción y leche suficiente para el sustento de las familias.

Se han superado ya los obstáculos iniciales en el manejo de la nueva raza introducida, y los ganaderos no desean volver a usar los animales locales. Los ganaderos han ido mejorando con éxito las búfalas a lo largo del tiempo, y se han visto recompensados con un mejor nivel de vida. Su prioridad actual es seguir desarrollando estrategias reproductivas para las búfalas Murah para conseguir una productividad aún más alta. Ello requiere la colaboración entre los criadores de Nepal e India.

Los cambios socioeconómicos forzaron a los ganaderos a abandonar sus prácticas tradicionales y a buscar alternativas. Las nuevas estrategias de manejo han generado ingresos económicos superiores, y los granjeros han llegado a preferir más la raza introducida que la local. Este estudio de caso demuestra que al cambiar las condiciones productivas, en ocasiones una nueva raza, con características distintas, puede ofrecer a los ganaderos una mejor opción de vida que las razas locales.

Fuente: Kim-Anh Tempelman.
Para más información, véase FAO: (2007b).

7.1 Gametos**Semen**

En años precedentes se ha conseguido congelar con éxito semen de todas las especies agropecuarias de mamíferos, así como de algunas especies de aves (gallinas, gansos). Los procedimientos de crioconservación del semen son específicos para cada especie, pero el procedimiento general es el siguiente:

- tras la obtención, se diluye el semen en una solución iónica (salina) o no iónica (glúcidos) adecuada, que se ajusta a la osmolaridad más cercana a la fisiológica;
- se añade un crioprotector adecuado – el glicerol es el más comúnmente utilizado, pero el dimetilsulfóxido (DMSO), la dimetilacetamida (DMA) o la dimetilformamida (DMF) son, en función de la especie, de gran interés práctico;
- el semen diluido se enfría, se toman muestras y luego se congela en nitrógeno líquido (-196 °C);
- las dosis individuales de semen se suelen congelar en pajuelas y no en esferas, para garantizar unas condiciones sanitarias óptimas y permitir la identificación permanente de cada alícuota.

PARTE 4

Tras la IA con semen congelado y descongelado, los índices globales de concepción oscilan entre el 50 % y el 65 % en más de 110 millones de inseminaciones anuales de primera monta en ganado bovino; el 70-80 % en más de 40 millones de inseminaciones en cerdos; el 50-80 % (vía intrauterina) o 55-65 % (vía cervical) en más de 120 000 inseminaciones en cabras; el 50-80 % (vía intrauterina) o 55-60 % (vía cervical) en más de 50 000 inseminaciones en ovejas; y el 35-40 % en más de 5 000 inseminaciones en caballos (Ericksson *et al.*, 2002; Thibier, 2005; G. Decuadro, comunicación personal, 2005). En gallinas, los resultados revelan una gran variabilidad interracial e intrarracial, que oscila entre el 10 % y el 90 % (Brillard y Blesbois, 2003).

El número de dosis de semen que hay que conservar está en función del número de dosis necesarias por parto o incubación, de la producción esperada durante la vida útil de hembras fértiles refundadoras, y del número de machos y hembras deseado en la población reconstruida. Cuando se utiliza semen para reconstruir razas mediante retrocruzamiento, cierto porcentaje de los genes de la población femenina utilizada en el retrocruzamiento permanecen en la raza reconstruida. Por ejemplo, se requieren cinco generaciones de retrocruzamiento para obtener animales que posean más del 95 % del genotipo de la raza restaurada a partir de semen congelado. Debe conservarse semen suficiente para producir el número deseado de generaciones retrocruzadas. En especies aviares en las que las hembras son portadoras de heterocromosomas ZW (los machos son ZZ), los genes del cromosoma W no se pueden transferir mediante una crioconservación estándar de semen. Además, en todas las especies, determinados efectos citoplasmáticos de la raza donante pueden perderse o alterarse. A pesar de dichas limitaciones, esta técnica desempeña un papel predominante en la conservación *ex situ in vitro* de recursos zoológicos, en razón de la disponibilidad de una tecnología avanzada y fiable y por su facilidad de aplicación. No

obstante, si el número de dosis disponibles por macho es baja o si el número de hembras que puede obtenerse por hembra reproductora es bajo, entonces el restablecimiento de la raza mediante transferencia de embriones, si esta es posible, es un medio más deseable de garantizar una plena recuperación de los genes iniciales.

Ovocitos

En el caso de las aves, a pesar de interesantes avances tecnológicos, no se ha conseguido obtener polluelos incubados a partir de huevos congelados y descongelados. Ello se debe, en parte, a la gran cantidad de lípidos presentes en el vitelo. En cambio, en algunas especies de mamíferos se pueden producir embriones *in vitro*, a partir de ovocitos madurados recogidos al sacrificio o de hembras vivas de las que se extraen óvulos. Dichos ovocitos pueden congelarse durante períodos prolongados antes de la fecundación *in vitro* (FIV) para producir embriones. Se pueden distinguir dos métodos de congelación atendiendo a la rapidez del proceso de congelación. El procedimiento de congelación lenta es actualmente factible en ganado bovino y potencialmente aplicable a ovejas y cabras, pero el índice de éxitos en la obtención de prole es extremadamente bajo (inferior al 10 %). Esto es debido en parte al bajo índice de éxitos del trasplante de embriones, así como a la alta mortalidad de los embriones tras la fertilización. Además, dichas técnicas, que exigen la maduración del ovocito antes de la FIV, deben ser aplicadas por técnicos muy cualificados. Las técnicas de congelación ultrarrápida, también llamada vitrificación, se están desarrollando actualmente a nivel experimental para limitar el daño provocado a los ovocitos por lesiones por enfriamiento o por la toxicidad de los crioprotectores. La mayoría de protocolos utilizan altas concentraciones de crioprotectores y glúcidos para eliminar el agua intracelular. Ello limita la formación de cristales en el interior de las células y evita las lesiones provocadas por el hielo en los embriones. En ganado bovino los resultados son

prometedores. Sin embargo, queda por validar a gran escala los procedimientos operativos que harían útil la crioconservación de ovocitos para la conservación de recursos zoogenéticos.

7.2 Embriones

A diferencia de las especies aviares, los embriones de prácticamente todos los mamíferos permiten su congelación, descongelación y transferencia posterior a hembras receptoras para producir progenie. De momento, sin embargo, el uso generalizado de la crioconservación de embriones está limitado a ganado bovino, ovejas y cabras. La obtención de embriones en cerdos exige el sacrificio de la hembra, y el procedimiento sigue en fase experimental en especies equinas. Hay una serie de factores, que incluyen el método de obtención del embrión (por biopsia, producción *in vitro*, o clonación), así como la etapa de maduración, que afectan en gran medida a la probabilidad de obtener progenie viva. Se ha propuesto una gran variedad de protocolos para congelar y descongelar embriones de especies pecuarias, y como ocurre con los ovocitos, se pueden clasificar en dos categorías principales según la rapidez del proceso de congelación.

En los procesos de congelación lenta, el equilibrado de los crioprotectores y solutos entre el medio que rodea al embrión y sus compartimentos intracelulares se produce lentamente, limitando así los riesgos de ruptura de membrana debido a la formación intracelular de hielo. Al descongelar, los embriones se transfieren a hembras receptoras con o sin eliminación del crioprotector. A nivel internacional, dichas técnicas son actualmente las más utilizadas en ganado bovino, ovejas y cabras. Los índices de éxitos al parto varían dependiendo de la especie, origen genético, fuente (*in vivo* o *in vitro*), y estadio de desarrollo de los embriones. Los embriones crioconservados en estadios tempranos de su desarrollo conducen a índices de parto inferiores a los de embriones crioconservados en estadios más avanzados (Massip, 2001).

Las técnicas de congelación rápida (vitrificación) suponen un enfriamiento ultrarrápido y posterior congelación de embriones en un volumen muy pequeño de medio de suspensión, en el que los crioprotectores y otros solutos (glúcidos) están generalmente a altas concentraciones. Se han conseguido vitrificar y transferir con éxito embriones de varias especies de mamíferos (ganado bovino, ovejas y cabras). Se han observado índices de supervivencia del 59 % y 64 %, respectivamente, en ovejas y cabras, utilizando la llamada técnica de vitrificación en pajuela por capilaridad (OPS) (Cognié *et al.*, 2003).

Las técnicas de conservación de embriones son de especial interés para la crioconservación de recursos zoogenéticos, ya que permiten la plena recuperación del genoma inicial. La congelación lenta exige el uso de congeladores programables caros, pero ofrece más flexibilidad a técnicos con menor nivel de formación, ya que entre los dos pasos del proceso existe un intervalo relativamente largo. En cambio, la vitrificación requiere un equipo más limitado, pero un mayor nivel de formación técnica.

7.3 Crioconservación de células somáticas y clonación de células somáticas

Desde la creación de la oveja Dolly, el primer animal creado por clonación de células somáticas, se ha demostrado que dicha tecnología funciona en la mayoría de mamíferos en los que se ha probado. No obstante, su aplicación no ha tenido éxito en aves. El estado actual de la tecnología es caro, y los índices de éxitos extremadamente bajos. Si la reconstitución de animales vivos a partir de células somáticas se desarrolla hasta tal punto que resulte fiable y barata, la conservación de células somáticas sería una opción atractiva para la crioconservación de recursos zoogenéticos. Su gran ventaja es que sería posible escoger exactamente los animales a conservar, reconstituyendo más tarde una población de clones de dichos animales. A diferencia del caso de los embriones conservados,

PARTE 4

el ADN citoplasmático no se conserva en animales derivados de células somáticas. No obstante, la obtención de células somáticas es mucho más sencilla que la obtención de embriones, y resultaría factible obtener muestras de manera generalizada de las poblaciones sobre el terreno. Los costos actuales de producción de cultivos de células somáticas, así como la incertidumbre respecto a las perspectivas futuras de producir animales vivos a partir de las células conservadas, significa que es improbable que la conservación de células somáticas sea una prioridad en especies en las que la crioconservación de gametos y embriones está bien desarrollada. Ahora bien, la crioconservación de células somáticas sería una medida de apoyo prudente cuando la crioconservación de gametos y embriones o no es factible o tiene un bajo índice de éxito.

El Cuadro 105 proporciona una visión general de la viabilidad de las técnicas antes descritas en la mayoría de especies pecuarias.

7.4 Elección de material genético

Las técnicas de conservación de gametos y embriones se utilizan ampliamente con fines comerciales en la mayoría de mamíferos domesticados; hay algunas excepciones, como el trasplante de embriones congelados en equinos y cerdos (Thibier, 2004). En el caso de programas de crioconservación para la gestión de los recursos zoogenéticos, un problema mayor es la conservación de material biológico suficiente para permitir la reconstrucción de animales individuales o poblaciones con los caracteres deseados. La elección del origen del donante, número de individuos donantes, y tipo de material a crioconservar son aspectos cruciales para que las inversiones generen un beneficio a largo plazo. Las fuentes siguientes aportan recomendaciones útiles sobre esta materia: Blackburn (2004), ERF (2003) y Danchin-Burge *et al.* (2002).

7.5 Seguridad en bancos génicos

Los bancos génicos para el plasma germinal de recursos zoogenéticos deben proporcionar un almacenamiento técnicamente seguro y cumplir estrictos criterios zoonosanitarios.

Seguridad técnica

La pérdida de nitrógeno líquido durante un breve período (literalmente unos minutos) puede conllevar la pérdida total del material crioconservado. Almacenar los materiales crioconservados en dos contenedores separados, y preferiblemente en dos ubicaciones distintas, limita el riesgo de pérdidas causadas por la pérdida accidental del nitrógeno líquido.

Bioseguridad

Los materiales de origen animal como líquidos, gametos y embriones pueden contener patógenos capaces de sobrevivir a la crioconservación. Aunque se requiere investigación adicional para evaluar los riesgos de transmisión en bancos génicos, las recomendaciones de bioseguridad contenidas en el Código Sanitario para Animales Terrestres de la Organización Mundial para la Salud Animal (OIE) son aplicables universalmente. Cumplir los requisitos del código presenta graves dificultades para muchos países. Hace que el movimiento de plasma germinal de zonas afectadas por la enfermedad a zonas libres de la enfermedad sea extremadamente difícil. También significa que las muestras que no cumplen los requisitos del código no se pueden guardar en la misma instalación que las muestras que los cumplen. Dichos problemas son un obstáculo sustancial al establecimiento de bancos de conservación nacionales, regionales e internacionales. Se precisarán estructuras especiales y posiblemente algún tipo de dispensa respecto a los códigos existentes.

8 Estrategias de asignación de recursos en conservación

8.1 Métodos para establecer prioridades

Una definición clara de objetivos es crucial para todas las actividades de conservación. Un criterio que se suele considerar importante es la conservación de la diversidad genética. Sin embargo, conservar tanta diversidad como sea posible rara vez constituye el único objetivo. Otros factores, como la conservación de ciertos caracteres (p. ej., tolerancia a enfermedades), y valores ecológicos o culturales de las razas, deben también tomarse en consideración. El objetivo, por tanto, consiste en maximizar la utilidad de un conjunto de razas, siendo la utilidad una combinación ponderada de medidas de diversidad y otros caracteres/valores. Determinar las ponderaciones requiere valorar la diversidad respecto a los demás criterios considerados.

Otra consideración importante es el grado de peligro de las razas en cuestión. Se puede cuantificar en forma de probabilidad de extinción. El parámetro viene determinado principalmente por el tamaño poblacional efectivo y la tendencia demográfica (es decir, si

el tamaño poblacional aumenta o disminuye), pero debe incorporar otros factores, como distribución geográfica, aplicación de programas reproductivos, funciones ecológicas, culturales o religiosas específicas, y riesgo de amenazas externas (Reist-Marti *et al.*, 2003).

Se han propuesto diversos métodos para combinar criterios diferentes y establecer prioridades en los programas de conservación de razas. Ruane (2000), por ejemplo, propuso un método que debía seguir un grupo de expertos para identificar prioridades de razas a nivel nacional. El marco general incluía los siguientes siete criterios:

- especie (es decir, ¿de qué especie son las razas a incluir en el ejercicio de establecimiento de prioridades?);
- grado de peligro;
- caracteres de valor económico actual;
- valores paisajísticos especiales;
- caracteres de valor científico actual;
- valor cultural e histórico;
- singularidad genética.

Se sugiere que hay que dar prioridad a las razas con altos niveles de peligro. Si resulta necesario priorizar a su vez entre razas con altos niveles de peligro, debe valorarse la medida en que las razas cumplen el resto de criterios de la lista. Puede

CUADRO 105

Estado actual de las técnicas de crioconservación por especies

Especie	Semen	Ovocitos	Embriones	Células somáticas
Ganado bovino	+	+	+	+
Oveja	+	0*	+	0
Cabra	+	0	+	0
Caballo	+	0	0	0
Cerdo	+	0	0	0
Conejo	+	0	+	0
Gallina	+	-	-	-

+ Existe disponibilidad de técnicas habituales; 0 Resultados positivos en la investigación; - no factible en el estado actual de conocimientos; * crioconservación de todo el ovario.

PARTE 4

ser necesario ponderar los distintos criterios para poder diferenciar en mayor detalle el nivel de prioridad. La importancia relativa que se dé a cada criterio será decisión del grupo de expertos.

Hall (2004) propuso un marco general basado en diversidad genética y funcional, utilizando razas inglesas e irlandesas de ganado bovino y ovino como ejemplo. Cada raza considerada se comparaba con cada una de las demás en lo relativo a sus caracteres distintivos genéticos y funcionales. El componente genético se evaluaba en base a la historia de la raza y a la probabilidad de un flujo génico significativo en los últimos 200 años. El componente funcional estaba relacionado con las funciones económicas, sociales y culturales de la raza. En el ganado bovino, los caracteres distintivos funcionales se evaluaban subjetivamente, pero esto resultaba más difícil de hacer en el caso de las ovejas. De

hecho, la fineza media de la fibra, prácticamente el único parámetro que se había medido de manera comparable en todas las razas del estudio, se utilizó como indicador de distintividad funcional en las razas ovinas. Las razas que obtenían la puntuación más alta respecto a sus caracteres distintivos funcionales y genéticos se consideraron las más apropiadas para su inclusión en una lista de prioridades.

La Fundación para la Supervivencia de Razas Raras del Reino Unido ha establecido asimismo un conjunto de criterios para el reconocimiento de las «razas raras» que requieren una especial atención desde la óptica de las medidas de conservación (Mansbridge, 2004). Se toman en consideración el tiempo que lleva la raza en existencia, el número de hembras, y la distribución geográfica de la raza.

Recuadro 104

Renacimiento del bovino nativo frisón Rojo y Blanco en los Países Bajos

En 1800, la población de ganado en la provincia de Frisia estaba formada principalmente por ganado Red Pied. Se habían importado muchos ancestros rojos de Dinamarca y Alemania tras las pérdidas generalizadas causadas por la peste bovina de origen vírico (rinderpest). Desde 1879, el libro de manada del bovino frisón tenía registrado un fenotipo Rojo y Blanco, pero debido a la presión de los mercados de exportación, los ejemplares blancos y negros se hicieron progresivamente más populares que el rojo y blanco original. En 1970, solo 50 ganaderos propietarios de 2 500 cabezas se afiliaron a la Asociación de Criadores de Ganado Frisón Rojo y Blanco. Al poco tiempo, la importación continua de Holstein-frisona desde los Estados Unidos de América y de Canadá condujo a un descenso aún mayor de la población, hasta el extremo de que en 1993 solo quedaban 21 ejemplares Rojo y Blanco (4 machos y 17 hembras). Un grupo de propietarios inició la

Fundación para el Ganado Nativo Frisón Rojo y Blanco. En colaboración con el recién creado Banco Génico para Animales, se desarrolló un programa reproductivo. El semen de los sementales conservado en el banco génico en las décadas de 1970 y 1980 se utilizó para inseminar hembras bajo un sistema contractual. La progenie masculina era criada por los ganaderos, que recibían una subvención del banco génico. El semen de dichos machos se conservaba, se congelaba y se usaba más tarde bajo nuevos contratos. La raza aumentó en número, llegando a 256 hembras registradas vivas y 12 machos vivos en 2004. Actualmente, se conservan en el banco génico un total de 11 780 dosis de semen de 43 toros, listas para la IA. La mayoría de las vacas las crían ganaderos aficionados para la producción lechera.

Fuente: Kor Oldenbroek.

Recuadro 105**Renacimiento del bovino Enderby en Nueva Zelanda**

El caso del ganado de la isla de Enderby ilustra que es posible resucitar razas a partir de material genético extremadamente limitado. No obstante, muestra también que el proceso es complicado y requiere mucho tiempo y recursos.

Enderby es una pequeña isla situada a 320 km al sur de Nueva Zelanda. El ganado llegó a la isla en 1894, cuando W.J. Moffett de Invercargill obtuvo un contrato de arrendamiento de tierras y desembarcó 9 ejemplares de Shorthorn. Hacia 1930 la actividad agrícola en la isla se había abandonado, y el ganado restante se asilvestró. Tras 100 años de supervivencia en el duro clima de Enderby, con una dieta basada en matorrales y algas marinas, el ganado era resistente, pequeño, compacto y bien adaptado. En 1991, para ayudar a conservar la fauna salvaje local, el bovino Enderby fue sacrificado. Se obtuvo esperma y ovocitos de los animales muertos para su crioconservación, pero fracasaron los intentos de fecundar los ovocitos y pareció que la raza Enderby se había perdido para siempre.

Al año siguiente, miembros de la Asociación Neozelandesa para la Conservación de Razas Raras (NZRBCS), descubrieron una vaca y un ternero en la

isla. Se les capturó mediante un helicóptero y se les transportó a Nueva Zelanda. La posterior muerte del ternero significaba que la «Dama», como llegó a ser conocida la vaca, era el último ejemplar de bovino Enderby. Fracasaron los intentos de producir otro ternero mediante inseminación artificial y OMTE, usando semen crioconservado de los toros sacrificados en la isla. Parecía de nuevo que la raza iba a extinguirse. Sin embargo, en 1997 la NZRBCS en colaboración con AgResearch consiguió producir una ternera, Elsie, clonada a partir de células somáticas de la Dama. Al año siguiente nacían otras cuatro terneras clonadas. Paralelamente, se había conseguido producir un toro Enderby mediante fecundación *in vitro* usando semen crioconservado y ovocitos de la Dama, que se llamó Derby. Dos de los clones murieron más tarde, pero en 2002 nacieron otros dos terneros Enderby por apareamiento natural entre Derby y las terneras clonadas.

Para más información, véase: Historic Timeline of the Auckland Islands; NZRBCS, (2002); Wells, (2004).

8.2 Estrategias de optimización para la planificación de programas de conservación

Los programas de conservación eficaces deben utilizar los recursos monetarios o no monetarios disponibles con el fin de maximizar el objetivo de conservación. Las preguntas a responder son:

- ¿Para qué razas dentro de la especie considerada deben aplicarse programas de conservación?
- ¿Qué porcentaje de todo el presupuesto de conservación debe asignarse a cada una de las razas escogidas?
- ¿Qué programas de conservación deben aplicarse a cada raza escogida?

Si se presupone que el objetivo de las medidas de conservación planteadas consiste en conservar tanta diversidad genética entre razas como sea

posible, entonces puede utilizarse el método siguiente para identificar las razas prioritarias (Simianer, 2002).

La diversidad total de un conjunto de razas existente se puede calcular, al igual que la contribución de cada raza a la diversidad total. Las probabilidades de extinción y la diversidad de los diferentes subconjuntos de razas se usan para calcular lo que se suele denominar «diversidad esperada» (Recuadro 106). Es la diversidad esperada al término del horizonte de planificación suponiendo que no se hayan emprendido actividades de conservación. Puede ocurrir que, al final del horizonte de planificación, algunas de las razas en mayor peligro se hayan extinguido.

PARTE 4

No obstante, si se emprenden actuaciones de conservación, se reducirá la probabilidad de extinción de las razas y la diversidad esperada aumentará. La cuantía del cambio en la diversidad esperada en función del cambio en la probabilidad de extinción de una determinada raza se suele denominar «diversidad marginal» de la raza. Dicha diversidad marginal refleja la posición filogenética de la raza. También indica si razas estrechamente emparentadas están a salvo de la extinción, pero es independiente de la propia probabilidad de extinción de la raza.

Se ha demostrado que la prioridad de conservación de una raza es proporcional a su «potencial de conservación de la diversidad» (Recuadro 106) – una medida que refleja la cantidad adicional de diversidad que se conservaría si una raza estuviera completamente a salvo de la extinción. Un alto potencial de conservación puede ser resultado o de un alto grado de peligro o de una alta diversidad marginal.

Los parámetros aquí descritos (diversidad marginal, potencial de conservación, etc.) son elementos de la teoría general de la diversidad propuesta por Weitzman (1992; 1993), que ha atraído un interés considerable como marco para la toma de decisiones en la conservación agropecuaria. El enfoque no requiere que la métrica de diversidad de Weitzman, que es la diversidad entre razas, sea la cantidad maximizada. Dicha metodología puede aplicarse a cualquier función objetiva, incluyendo métricas de diversidad más completas, o en funciones de utilidad (en el sentido de una suma ponderada de un componente de diversidad y otros valores).

El Recuadro 107 describe un ejemplo en el que una asignación óptima de recursos para la conservación podría aumentar la relación costo-eficiencia en casi un 60 % en comparación con la conseguida por enfoques más simplistas.

Definir las prioridades de conservación clasificando razas según su potencial de conservación presupone que los costos de conservación son aproximadamente idénticos en distintas razas. De modo más exacto, se presupone que los costos de oportunidad para

Recuadro 106

Glosario: recursos objetivos para la toma de decisiones

Diversidad: cuantificación numérica de la cantidad de variabilidad genética en un conjunto de razas, que de manera ideal comprenda tanto la diversidad intrarracial como la interracial.

Utilidad: cuantificación numérica del valor total de un conjunto de razas, en otras palabras, una suma ponderada de la diversidad y de varios componentes de valor económico.

Contribución a la diversidad: la cantidad en la que la existencia de una raza contribuye a la diversidad del conjunto total de razas.

Probabilidad de extinción: la probabilidad de que una raza se extinga en el marco de un horizonte de planificación definido (a menudo entre 50 y 100 años). Los valores de la probabilidad de extinción oscilan entre 0 (la raza está completamente a salvo) y 1 (la extinción es segura).

Diversidad esperada: la proyección de la diversidad real al término de un horizonte de planificación, que combina la diversidad real con las probabilidades de extinción. La diversidad esperada refleja la cantidad de diversidad a esperar si no se emprenden actuaciones de conservación.

Diversidad marginal: refleja el cambio de diversidad esperada en el conjunto total de razas si se modifica la probabilidad de extinción de una raza (p. ej., mediante medidas de conservación).

Potencial de conservación de la diversidad: una cantidad proporcional al producto de la diversidad marginal y la probabilidad de extinción. Este parámetro refleja aproximadamente en cuánto puede aumentar la diversidad esperada si una raza está completamente a salvo. Weitzman (1993) sugirió que dicha medida es «el indicador individual de alarma [para una raza] más útil».

Si lo que se trata de maximizar es la utilidad más que la diversidad, los términos pertinentes son «contribución a la utilidad», «utilidad esperada», «utilidad marginal» y «potencial de conservación de la utilidad», sustituyendo la «diversidad» en las definiciones anteriores por «utilidad».

Fuente: adaptado de Simianer (2005).

Recuadro 107

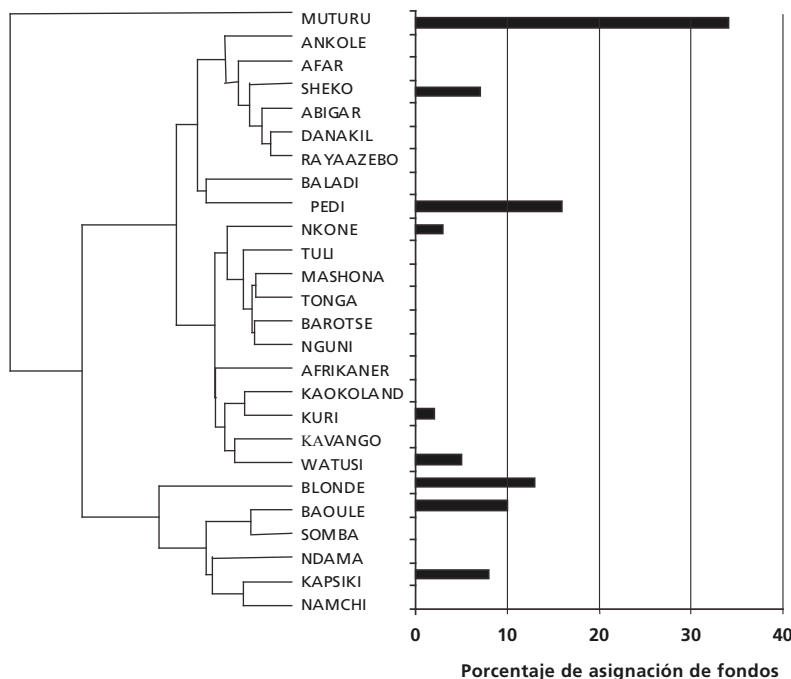
Asignación óptima de fondos de conservación – Ejemplo en razas de bovino africano

Simianer (2002) ilustró la aplicación de un programa de asignación óptima a un conjunto de 26 razas de ganado taurino africano y Sanga de las que se habían calculado estimaciones de distancias genéticas (basadas en 15 microsátelites) y probabilidades de extinción. Utilizando las probabilidades de extinción, la pérdida esperada de diversidad en ausencia de conservación durante el horizonte de planificación de 50 años se calculó en un 43,6 % de la diversidad actual. Se contaba con un presupuesto de conservación que si se asignaba por igual a todas las razas, evitaría un 10 % de la pérdida esperada de diversidad. Si ese mismo presupuesto total se asignaba sólo a las tres razas en mayor peligro, la diversidad conservada disminuía ligeramente hasta un 9 % de la pérdida esperada, y era por tanto, un 10 % menos eficiente que si se asignaban fondos por igual a todas las razas. Con un programa de asignación

óptima basada en el concepto de diversidad de Weitzman, 10 de las 26 razas recibían fondos, de los cuales un 34 % se usaba para Muturu y solo un 2 % para Kuri (véase la ilustración).

Con la estrategia de asignación óptima, la pérdida esperada de diversidad se reduce en un 15,7 %. Esto resulta un 57 % más eficiente que asignar fondos por igual a todas las razas. Se consigue así, con una asignación óptima de solo el 52 % de los fondos disponibles, el mismo efecto en la diversidad que con una estrategia de asignación uniforme. Este ejemplo ilustra que una asignación óptima puede aumentar sustancialmente la eficiencia en el uso de los fondos de conservación.

Fuente: Henner Simianer.



PARTE 4

reducir la probabilidad de extinción en una unidad son uniformes en las distintas razas. Esto, evidentemente, no es cierto: reducir la probabilidad de extinción de, digamos, 0,8 a 0,7 (es decir, una reducción del 12,5 %) puede conseguirse de manera relativamente sencilla y resulta mucho más barato que reducir la probabilidad de extinción de 0,2 a 0,1 (es decir, en un 50 %).

Para un análisis más detallado y realista es necesario definir el costo de determinadas actuaciones de conservación (p. ej., establecer la críoconservación, o subvencionar a los ganaderos para que mantengan una población *in situ* de una raza en riesgo), y también evaluar el efecto de dichas actuaciones en la reducción de la probabilidad de extinción de la raza en cuestión. Si la asignación de recursos se emprende en un contexto internacional, deben tenerse en cuenta los diferentes niveles de costo, los estándares técnicos, y los tipos de cambio monetario: puede muy bien ocurrir que en un país se establezca la críoconservación como aplicación habitual, en tanto que en otro país primero debería desarrollarse la infraestructura. Otra consideración es que los costos de mano de obra para los programas de conservación *in vivo* pueden diferir considerablemente entre países.

Un plan de conservación siempre implica un conjunto de costos, que varían notablemente entre especies y países. Los costos fijos son los necesarios para establecer y operar el plan como tal (p. ej., establecer un centro de críoconservación), mientras que los costos variables dependen del número de animales incluidos y el tipo de material genético (semen, ovocitos o embriones) conservado en el plan. Diferentes planes de conservación variarán en cuanto al nivel de costos fijos y costos variables por unidad genética conservada. Si dicha estructura de costos se puede modelar con suficiente exactitud, los programas de asignación óptima no solo asignarán una parte del presupuesto de conservación a una determinada raza, sino que indicarán asimismo cuál de las técnicas de conservación disponibles es la más costo-efectiva para dicha raza.

Dado que los procedimientos de asignación óptima se basan en la optimización matemática, es relativamente sencillo introducir determinadas restricciones o condiciones secundarias. Pueden tener que ver con el equilibrio geográfico, por ejemplo, requerir que las actuaciones de conservación se implanten en todas las zonas de la región diana. También pueden forzar a adoptar la solución óptima para evitar la pérdida de determinados caracteres especiales estableciendo una fuerte penalización a soluciones como, por ejemplo, que todas las razas de ganado tripanotolerante se extingan.

Otras estrategias para descubrir el patrón óptimo de asignación de recursos están restringidas a problemas más específicos de toma de decisiones. Eding *et al.* (2002) sugirieron la selección de un llamado conjunto nuclear de razas basado en el parentesco estimado por marcadores. Se puede visualizar este conjunto nuclear como una población mixta, viva o críoconservada, que está formada por distintas proporciones de diferentes razas. Las contribuciones de la raza al conjunto nuclear se calculan para que la diversidad esperada de todo el conjunto nuclear se maximice. La ventaja de dicho enfoque es que combina la diversidad interracial e intrarracial. No obstante, no incluye el grado de riesgo que corren determinadas razas, lo cual limita su utilidad en casos especiales de toma de decisiones, como encontrar el diseño óptimo de un programa de críoconservación con limitaciones en la capacidad de almacenamiento.

La asignación de recursos para la conservación eficaz de la diversidad de los recursos zoológicos requiere una buena información sobre la subestructura filogenética de una especie, de factores que afectan el nivel de riesgo de las razas consideradas, y de valores especiales que las razas puedan tener. También es necesario un conocimiento sustancial de los programas de conservación potenciales, incluyendo sus costos. Cuanto más completa y fiable sea dicha información, más costo-efectivo será el diseño del programa de conservación. Queda para estudios futuros resolver cuáles

son los factores más apropiados a optimizar en las tareas de conservación, ya que usar factores distintos puede llevar a diferentes decisiones de conservación. Deberán dedicarse asimismo esfuerzos considerables para desarrollar herramientas que ayuden a maximizar el amplio abanico de medidas de diversidad y utilidad.

Las decisiones finales sobre las inversiones en conservación estarán condicionadas por muchos factores económicos, sociales y políticos. Por tanto, los recursos para la toma de decisiones que se acaban de describir deben considerarse herramientas que proporcionen a quienes toman decisiones una mejor comprensión de las consecuencias de estrategias alternativas de inversión para la conservación.

9 Conclusiones

Las tradiciones y valores culturales son importantes fuerzas impulsoras de la conservación en las sociedades occidentales, y cada vez son más importantes en algunos países en desarrollo. Otra fuerte motivación compartida por muchas partes interesadas es la protección de tanta diversidad como sea posible para un futuro incierto.

Conceptualmente, la unidad más elemental de diversidad es el alelo, y por tanto, desde el punto de vista científico, definir el mantenimiento de la diversidad genética equivaldría a mantener una alta diversidad alélica. Ello evitaría los problemas asociados a la definición científica de raza. Actualmente, sin embargo, las medidas moleculares de diversidad genética solo proporcionan indicaciones indirectas de diversidad genética en regiones funcionales o potencialmente funcionales del ADN. Así pues, la mejor aproximación a la diversidad funcional sigue siendo la diversidad de razas o poblaciones diferenciadas que se han desarrollado en distintos entornos, y que poseen diferentes caracteres productivos y funcionales. Además, los argumentos culturales respecto a la conservación se centran en las razas, y no en los genes. No obstante, existe la necesidad de

desarrollar criterios objetivos para decidir si determinada raza es de valor científico único, o si, por ejemplo, puede ser sustituida por una población vecina. Ello exige combinar toda la información disponible sobre características de la raza, origen y distribución geográfica. Siempre que sea posible, conviene también incluir toda información adicional, como los resultados de la caracterización molecular.

Los métodos de conservación *in vivo* e *in vitro* son claramente distintos respecto a lo que pueden conseguir. La conservación de animales vivos permite que las razas sigan evolucionando en interacción con su entorno, en tanto que la conservación *in vitro* conserva el actual estado genético. Los métodos *in vitro* proporcionan una importante estrategia de apoyo cuando la conservación *in vivo* no se puede establecer o no puede conservar el tamaño poblacional necesario. Puede ser también la única opción en caso de emergencias como brotes epidémicos o conflictos bélicos. La crioconservación como herramienta de apoyo a los programas reproductivos, iniciada tiempo atrás, ha llevado a soluciones técnicas sólidas para la mayoría de especies pecuarias. No obstante, sigue siendo urgente desarrollar procedimientos estandarizados para todas las especies pecuarias. Congelar muestras tisulares parece ser un método atractivo, debido a la facilidad con la que se pueden tomar muestras de material genético. Sin embargo, la dificultad de reproducir animales vivos a partir de dichas muestras sugiere que debe considerarse un método a utilizar sólo en última instancia.

Resulta interesante advertir que se ha aceptado desde hace mucho tiempo que los bancos génicos financiados por la comunidad internacional deben conservar la diversidad fitogenética. La Iniciativa del Fondo Fiduciario Global se centra en crear el marco para financiar dichos bancos génicos a largo plazo, haciéndoles independientes de las prioridades a corto plazo de las instituciones que los albergan. Además, el gobierno noruego se ha ofrecido a proporcionar un almacenamiento de última instancia para los recursos fitogenéticos, que verá la luz en 2007 (Recuadro 108).

PARTE 4

Recuadro 108

La Bóveda Global de Semillas de Svalbard: un depósito internacional de semillas en el Ártico

El Gobierno de Noruega inició recientemente la planificación de la construcción de la Bóveda Global de Semillas de Svalbard que se usará como instalación de almacenamiento «a toda prueba» de los bancos genéticos. Dicha instalación se establecerá cerca de la ciudad de Longyearbyen, en Svalbard, a 78 grados norte, y abrirá sus puertas en primavera de 2008.

El depósito tendrá espacio suficiente para albergar una copia de todas las incorporaciones que ahora están en bancos genéticos en todo el planeta, con espacio adicional para nuevas colecciones. Estará situado en una «cámara», tallada en roca viva en el interior de una montaña, y revestida de hormigón armado. Dispondrá de una puerta estanca al aire para controlar la humedad, así como una serie de sólidos mecanismos de seguridad. Su ubicación remota, la presencia de las autoridades noruegas, y algún que otro oso polar, se combinarán para hacer que esta instalación sea la más segura y fiable del mundo. En condiciones normales, las colecciones se almacenarán a -18°C . Además, como la cámara estará construida sobre permahielo, un fallo eléctrico de larga duración llevará tan solo a un aumento gradual de la temperatura hasta $-3,5^{\circ}\text{C}$.

La ciudad de Longyearbyen, punto de inicio para las expediciones al Polo Norte, recibe vuelos diarios, y posee una excelente infraestructura y suministro energético utilizando carbón de origen local.

El depósito de semillas no será un «banco genético» en el sentido habitual del término. Está más bien pensado para albergar incorporaciones que ya son conservadas y duplicadas en dos bancos genéticos tradicionales que servirían de fuente de semillas para cultivadores e investigadores. Los materiales del depósito, conservados en condiciones de «caja

negra», solo se usarían si se hubieran perdido todo el resto de copias, de acuerdo con la filosofía de proporcionar una instalación segura para los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en caso de catástrofes de gran magnitud, como una guerra nuclear, o acciones terroristas de gran envergadura.

La participación en el programa será puramente voluntaria. La gestión será «pasiva», es decir, el depósito no intervendrá en la caracterización, evaluación, regeneración u otras actividades similares. El Banco Génico Nórdico será responsable de la colocación de materiales en el depósito y de su recuperación en caso necesario. Ya dispone de una segunda colección de seguridad en otra instalación de Svalbard, y también alberga actualmente un duplicado de las colecciones de SADC. Debido a la necesidad de mantener en un mínimo la gestión y los costos operativos, y de acuerdo con la intención de construir una instalación que funcione sin intervención humana diaria, el depósito sólo aceptará conservar semillas ortodoxas adecuadamente empaquetadas. Como la instalación está diseñada para la comunidad internacional, Noruega no reclamará la propiedad de las semillas allí conservadas.

La Comisión de Recursos Genéticos de la FAO ha acogido calurosamente la iniciativa noruega, y muchos países, así como los centros de CGIAR (Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional), ya han comunicado su deseo de hacer uso del depósito.

Fuente: Cary Fowler.

En general, se tarda mucho más en crear una raza agropecuaria que una variedad vegetal – para algunas razas se tardan siglos. Sin embargo, parece que la comunidad mundial está mucho menos dispuesta a invertir el tiempo, energía y dinero

necesarios para proteger este patrimonio. No obstante, es una responsabilidad global garantizar que se conserven estos valiosos recursos – una responsabilidad que incluye a todos los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura.

El análisis de los métodos de conservación *in vivo* indica que la distinción entre métodos de conservación *in situ* y *ex situ in vivo* no es clara y tajante. Podría ser más adecuado, por tanto, plantearse los métodos de conservación *in vivo* como un continuo: desde la conservación de animales en su entorno productivo original, (conservación *in situ* como antes se definió), hasta la situación *ex situ* extrema de conservar razas pecuarias en zoológicos. Aunque hay una clara preferencia por mantener las razas pecuarias en sus entornos productivos, en los que se desarrollaron, es importante evaluar cuidadosamente si los objetivos de conservación se pueden alcanzar en un contexto *ex situ*. Ello dependerá claramente de la especie y de las condiciones *ex situ* concretas. En los países en desarrollo, la mayoría de ejemplos descritos de conservación *ex situ* están vinculados a poblaciones *in situ*, y parece dudoso que sean viables independientemente uno de otro.

Aunque se han desarrollado metodologías para mantener una diversidad máxima en poblaciones pequeñas, son raras las estrategias de aplicación de aquellas en la conservación de razas en riesgo en sistemas productivos tradicionales. Se han descrito ejemplos de éxito en países desarrollados y en algunos países en desarrollo. En los países desarrollados, se han empleado varias posibilidades, como mercados nicho o especializados, apacentamiento de conservación o subvenciones, para aumentar la viabilidad económica de las razas en peligro. En cambio, en los países en desarrollo, los únicos ejemplos descritos que hayan tenido éxito están vinculados a demandas del consumidor o mercado respecto a productos específicos o tradicionales. Sin embargo, dichos ejemplos prácticos de lo que se ha logrado no han conducido aún a conceptos o modelos (científicos) de las estrategias de aplicación. Además, no se dispone de estimaciones fiables de los costos y beneficios de las estrategias de conservación. Los intentos de optimizar la asignación de los fondos de conservación se basan en supuestos poco elaborados a nivel de costos, y utilizan funciones objetivas bastante simplistas. El

desarrollo de funciones objetivas más complejas está limitado por las dificultades de cuantificar los caracteres funcionales deseables que se desean incluir.

Los conceptos científicos disponibles para ciertos aspectos de la conservación se han desarrollado principalmente en el contexto de los programas reproductivos. Una investigación genuina en el campo de la conservación de la diversidad genética agropecuaria (probablemente con excepción de los métodos moleculares) está aún en mantillas.

Referencias

- Blackburn, H.D. 2004. Development of national genetic resource programs. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(1): 27–32.
- Brillard, J.P. y Blesbois, E. 2003. Biotechnologies of reproduction in poultry: hopes and limits. En *Proceedings of the 26th Turkey conference*. Manchester, Reino Unido, 23–25 de abril de 2003.
- Clark, C.W. 1995. Scale and feedback mechanism in market economics. En T.M. Swanson, ed. *The economics and ecology of biodiversity decline: the forces driving global change*, págs. 143–148. Cambridge, Reino Unido. Cambridge University Press.
- Cognié, Y., Baril, G., Poulin, N. y Mermillod, P. 2003. Current status of embryo technologies in sheep and goat. *Theriogenology*, 59(1): 171–188.
- Danchin-Burge, C., Bibe, B. y Planchenault, D. 2002. The French National Cryobank: creation of a cryogenic collection for domestic animal species. En D. Planchenault, ed. *Workshop on Cryopreservation of Animal Genetic Resources in Europe*, Paris, 23rd February 2003, págs. 1–4. Salon International de l'Agriculture.

PARTE 4

- Eding, H., Crooijmans, R.P.M.A., Groenen, M.A.M. y Meuwissen, T.H.E. 2002. Assessing the contribution of breeds to genetic diversity in conservation schemes. *Genetics Selection Evolution*, 34(5): 613–633.
- English Nature. 2004. *Traditional breeds incentive for sites of special scientific interest*. Taunton, Reino Unido. English Nature (disponible en <http://www.english-nature.org.uk/pubs/publication/PDF/TradbreedsIn04.pdf>).
- ERFP. 2003. *Guidelines for the constitution of national cryopreservation programmes for farm animals*, por S.J. Hiemstra, ed. Publication No. 1 of the European Regional Focal Point on Animal Genetic Resources.
- Ericksson, B.M., Petersson, H. y Rodríguez-Martínez, H. 2002. Field fertility with exported boar semen frozen in the new Flatpack container. *Theriogenology*, 58(6): 1065–1079.
- Falge, R. 1996. Haltung und Erhaltung tiergenetischer Ressourcen in *Ex-situ*-Haltung in Zoos und Tierparks. (Maintenance and conservation of domestic animal resources, *ex situ*, in zoos and domestic animal parks.) En F. Begemann, C. Ehling y R. Falge, eds. *Schriften zu genetischen Ressourcen*, 5 (Vergleichende Aspekte der Nutzung und Erhaltung pflanzen) – und tiergenetischer Ressourcen), págs. 60–77. Bonn, Alemania. ZADI.
- FAO. 1992. *In situ conservation of livestock and poultry*, por E.L. Henson. Animal Production and Health Paper No. 99. Roma.
- FAO. 1998a. *The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture*. Roma.
- FAO. 1998b. *Primary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans*. Roma.
- FAO. 1998c. *Secondary guidelines for the development of national farm animal genetic resources management plans: management of small populations at risk*. Roma.
- FAO. 2003. Effectiveness of biodiversity conservation, por M. Jenkins y D. Williamson. En *Biodiversity and the ecosystem approach in agriculture, forestry and fisheries*. Actas del acto paralelo en ocasión de la novena reunión de la Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, Roma, 12–13 de octubre de 2002, págs. 100–116. Roma.
- FAO. 2004. *Overview of the FAO global system for the conservation and sustainable utilization of plant genetic resources for food and agriculture and its potential contribution to the implementation of the international treaty on plant genetic resources for food and agriculture*. Tema 3.1 del proyecto de programa provisional de la 10.ª reunión de la Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, Roma, 8–12 de noviembre de 2004. Roma.
- FAO. 2007a. The Neuquén criollo goat and its production system in Patagonia, Argentina, por M.R. Lanari, M.J. Pérez Centeno y E. Domingo. En K-A. Tempelman y R.A. Cardellino, eds. *People and animals. Traditional livestock keepers: guardians of domestic animal diversity*, págs. 7–15. Grupo de Trabajo Interdepartamental sobre Diversidad Biológica para la Alimentación y la Agricultura. Roma.
- FAO. 2007b. Managing lowland buffaloes in the hills of Nepal, por K. Gurung y P. Tulachan. En K-A. Tempelman y R.A. Cardellino eds. *People and animals. Traditional livestock keepers: guardians of domestic animal diversity*, págs. 27–29. Grupo de Trabajo Interdepartamental sobre Diversidad Biológica para la Alimentación y la Agricultura. Roma.
- FAO/UNEP. 2000. *World watch list for domestic animal diversity*, 3.ª edición. Editado por B. Scherf. Roma.
- Gandini, G.C. y Villa, E. 2003. Analysis of the cultural value of local livestock breeds: a methodology. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 120(1): 1–11.

- Hall, S.J.G. 2004. Conserving animal genetic resources: making priority lists of British and Irish livestock breeds. *En* G. Simm, B. Villanueva, K.D. Sinclair y S. Townsend, eds. *Farm animal genetic resources*, págs. 311–320. Nottingham, Reino Unido. Nottingham University Press.
- Historical Timeline of the Auckland Islands**
(disponible en <http://www.murihiku.com/TimeLine.htm>).
- IN de Croatia, 2003.** *Informe nacional sobre la situación de los recursos zoogenéticos* (disponible en la biblioteca DAD-IS en <http://www.fao.org/dad-is/>).
- Joost, S. 2005. Econogene Consortium. *En* F. Toppen y M. Painho, eds. *Proceedings of the 8th 328 AGILE Conference on GIScience*. 26–28 de mayo de 2005. Estoril, Portugal, págs. 231–239. Association of Geographic Information Laboratories for Europe (AGILE).
- Köhler-Rollefson, I. 2004. *Farm animal genetic resources*. Safeguarding national assets for food security and trade. Summary Publication about four workshops on animal genetic resources held in the SADC Region. FAO/GTZ/CTA.
- Mansbridge, R.J. 2004. Conservation of farm animal genetic resources – a UK view. *En* G. Simm, B. Villanueva, K.D. Sinclair y S. Townsend, eds. *Farm animal genetic resources*, pp. 37–43. Nottingham, Reino Unido. Nottingham University Press.
- Marczin, O. 2005. *Environmental integration in agriculture in south eastern Europe*. Background document to the SEE Senior Officials meeting on agriculture and environment policy integration. Durres, Albania, 15-16 de abril de 2005. Szentendre, Hungría. The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe.
- Massip, A. 2001. Cryopreservation of embryos of farm animals. *Reproduction in Domestic Animals*, 36(2): 49–55.
- Mendelsohn, R. 2003. The challenge of conserving indigenous domesticated animals. *Ecological Economics*, 45(3): 501–510.
- Norton, B.G. 2000. Biodiversity and environmental values in search of a universal ethic. *Biodiversity and Conservation*, 9(8): 1029–1044.
- NZRBCS. 2002. *Enderby Island cattle: a New Zealand Rare Breed Society rescue project* (disponible en <http://www.rarebreeds.co.nz/endcattlepro.html>).
- Oldenbroek, J.K. 1999. *Genebanks and the conservation of farm animal genetic resources*. Lelystad, Países Bajos. DLO Institute for Animal Science and Health.
- Raoul, J., Danchin-Burge, C., de Rochambeau, H. y Verrier, E. 2004. SAUVAGE, a software to manage a population with few pedigrees. *En* Y. van der Honing, ed. *Book of Abstracts of the 55th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*, Bled, Slovenia, 5–9 de septiembre de 2004. Wageningen, Países Bajos. Wageningen Academic Publishers.
- Reist-Marti, S.B., Simianer, H., Gibson, J., Hanotte, O. y Rege, J.E.O. 2003. Analysis of the actual and expected future diversity of African cattle breeds using the Weitzman approach. *Conservation Biology*, 17(5): 1299–1311.
- Ruane, J. 2000. A framework for prioritizing domestic animal breeds for conservation purposes at the national level: a Norwegian case study. *Conservation Biology*, 14(5): 1385–1393.
- Simianer, H. 2002. Noah's dilemma: which breeds to take aboard the ark? *Proceedings 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP)*. CD-Rom Communication No. 26–02.
- Simianer, H. 2005. Decision making in livestock conservation. *Ecological Economics*, 53(4): 559–572.
- Small, R. 2004. The role of rare and traditional breeds in

PARTE 4

conservation: the Grazing Animals Project. *En* G. Simm, B. Villanueva, K.D. Sinclair y S. Townsend, eds. *Farm animal genetic resources*, págs. 263–280. Nottingham, Reino Unido. British Society of Animal Science.

Springbett, A.J., MacKenzie, K., Woolliams J.A. y Bishop, S.C. 2003 The contribution of genetic diversity to the spread of infectious diseases in livestock populations. *Genetics*, 165(3): 1465–1474.

Steane, D.E., Wagner, H. y Khumnirdpetch, V. 2002. Sustainable management of beef cattle and buffalo genetic resources in Asia. *En* J. Allen y A. Na-Chiangmai, eds. *Developing strategies for genetic evaluation for beef production in developing countries*. Actas de un seminario internacional celebrado en la Provincia de Khon Kaen, Tailandia, 23–28 de julio de 2001, págs. 139–147. Canberra. Australian Centre for International Agricultural Research.

Thibier, M. 2004. Stabilization of numbers of *in vivo* collected embryos in cattle but significant increases of *in vivo* bovine produced embryos produced in some parts of the world. *Embryo Transfer Newsletter*, 22: 12–19.

Thibier, M. 2005. The zootechnical applications of biotechnology in animal reproduction: current methods and perspectives. *Reproduction, Nutrition and Development*, 45(3): 235–242.

Tisdell, C. 2003. Socioeconomic causes of loss of animal genetic diversity: analysis and assessment. *Ecological Economics*, 45(3): 365–376.

Vergotte de Lantsheere, W., Lejeune, A. y Van Snick, G. 1974. L'élevage du porc en Belgique: amélioration et sélection. *Revue de l'Agriculture*, 5: 980–1007.

Weitzman, M.L. 1992. On diversity. *Quarterly Journal of Economics*, 107: 363–405.

Weitzman, M.L. 1993. What to preserve? An application of diversity theory to crane conservation. *Quarterly Journal of Economics*, 108: 157–183.