

La diversidad que nos sostiene

La historia de la humanidad es, en buena medida, la historia de cómo hemos aprendido a convivir con la diversidad biológica que nos rodea. Desde los primeros grupos humanos que recolectaban plantas silvestres y cazaban animales para sobrevivir hasta las agriculturas, ganaderías, sistemas forestales y pesquerías actuales, nuestra existencia ha dependido siempre de la capacidad de las especies para generar y mantener diversidad genética. Esa diversidad —la variabilidad hereditaria que permite a las poblaciones adaptarse, persistir y evolucionar— es la base que sostiene la producción de alimentos, fibras, madera, recursos acuáticos y servicios ecosistémicos esenciales. Sin ella, los cultivos no podrían responder a nuevas plagas o sequías, el ganado no resistiría enfermedades emergentes, los bosques no soportarían incendios más intensos y los ecosistemas acuáticos no podrían recuperarse de la sobreexplotación y el calentamiento global. La diversidad genética es, en última instancia, la infraestructura biológica que sostiene nuestra supervivencia.

Qué entendemos por recursos genéticos

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1992) define los recursos genéticos como todo material de origen vegetal,

animal, microbiano o de cualquier otro tipo que contiene unidades funcionales de herencia y posee un valor real o potencial. Esta definición abarca desde el ADN y los genes hasta individuos completos, poblaciones naturales, variedades cultivadas y razas ganaderas. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) adopta un enfoque igualmente amplio, centrado en los recursos relevantes para la alimentación y la agricultura, tanto silvestres como domesticados. El Protocolo de Nagoya (2014) desarrolla las obligaciones de acceso y reparto de beneficios derivados de su utilización, mientras que en España la Ley 33/2015 y el Real Decreto 124/2017 regulan el acceso a los recursos genéticos de taxones silvestres y el reparto de beneficios. En España, la Ley 30/2006 en su título IV incluye los recursos fitogenéticos y en el Real Decreto 429/2020 se aprueba el “Reglamento sobre acceso a los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación y a los cultivados para utilización con otros fines, y se modifican diversos reales decretos en materia de productos vegetales”. Este marco normativo subraya que los recursos genéticos no son simples componentes biológicos, sino que constituyen un patrimonio estratégico cuya conservación y uso sostenible requieren recursos, dedicación, reglas claras y cooperación internacional.

Diversidad genética y evolución: la importancia de tener ‘la maleta llena’

La diversidad genética —la variedad de genes y alelos dentro de una especie— es el motor de la evolución y la clave de la capacidad adaptativa de las poblaciones. La evolución no implica progreso ni jerarquía: cada especie sigue su propio camino y la selección natural favorece los rasgos que resultan ventajosos en un ambiente concreto. Para entenderlo, resulta útil imaginar que cada especie viaja por el mundo con una maleta. Una especie con una maleta llena de opciones —es decir, con alta diversidad genética— tiene más probabilidades de que algunos individuos posean los rasgos adecuados para

sobrevivir cuando el entorno cambia. Una especie con una maleta casi vacía dispone de menos margen de maniobra.

La metáfora se vuelve más clara si pensamos en un estudiante que se va de Erasmus. Quien viaja a Tromsø en invierno necesita ropa térmica, quien viaja a las Seychelles necesita bañadores y ropa ligera. Si una especie “empaqueta” solo un tipo de rasgos, puede sobrevivir en un ambiente concreto, pero estará perdida si las condiciones cambian. En cambio, una especie con una maleta variada —muchos alelos distintos— tiene más probabilidades de que algunos de sus individuos estén preparados para lo inesperado.

Un ejemplo real y dramático de esta lógica es la anemia falciforme. En regiones donde la malaria es endémica, como Nigeria, una variante genética que de otro modo sería perjudicial —la hemoglobina S— confiere cierta protección frente al parásito. Las personas portadoras de un solo alelo mutado (AS) no desarrollan la enfermedad grave, pero sí tienen mayor resistencia a la malaria. En cambio, quienes heredan dos copias (SS) padecen anemia falciforme, una enfermedad severa. Este equilibrio evolutivo muestra como un rasgo que es desventajoso en un contexto puede ser beneficioso en otro. La diversidad genética permite que existan ambas variantes y, con ellas, la posibilidad de adaptación.

Tan importante como la variación dentro de cada población es la diversidad entre poblaciones. Muchas especies presentan adaptaciones locales fruto de miles de años de evolución en condiciones ambientales específicas. Sin embargo, no toda diferenciación es adaptativa: los cuellos de botella, la deriva genética y la endogamia pueden reducir la variabilidad y comprometer la eficacia biológica. La diversidad genética es, por tanto, un componente esencial de la biodiversidad y un pilar para la gestión y conservación de los recursos genéticos.

Domesticación: evolución guiada por la mano humana

Hace unos 10 000 años, la domesticación de plantas y animales transformó radicalmente la historia humana. La agricultura

y la ganadería permitieron el asentamiento de comunidades, la especialización del trabajo, el comercio y el surgimiento de las primeras civilizaciones. Desde una perspectiva evolutiva, la domesticación es un proceso en el que las poblaciones cambian genéticamente bajo la influencia humana, dando lugar a cultivos y razas ganaderas profundamente diferenciados de sus ancestros silvestres. La genómica moderna ha permitido reconstruir este proceso, identificando cuellos de botella, introgresiones y señales de selección artificial. En contraste, la mayoría de especies forestales y acuáticas apenas han experimentado domesticación, lo que hace aún más crucial conservar su variabilidad natural.

Herramientas para estudiar y gestionar la diversidad genética

El estudio de los recursos genéticos se apoya en dos pilares complementarios. Por un lado, la genética cuantitativa permite estimar parámetros como la heredabilidad y el potencial de respuesta a la selección, fundamentales para programas de mejora y conservación. Por otro, la genética molecular analiza directamente el ADN mediante marcadores como microsatélites, SNP o secuenciación completa, lo que permite medir la riqueza alélica, detectar endogamia, estimar tamaños efectivos poblacionales e identificar regiones del genoma bajo selección. La integración de ambas aproximaciones proporciona una visión completa de la diversidad genética y de su capacidad para responder a los cambios ambientales.

Conservación *in situ* y *ex situ*: dos estrategias necesarias

La conservación de los recursos genéticos combina dos enfoques complementarios: la conservación *in situ* mantiene las poblaciones en sus entornos naturales o tradicionales, preservando procesos evolutivos y adaptaciones locales; la conservación *ex*

situ —bancos de germoplasma, colecciones de semillas, crioconservación o mantenimiento de animales y plantas en centros especializados— actúa como un seguro frente a amenazas inmediatas como la pérdida de hábitat, plagas, enfermedades o eventos climáticos extremos. Una estrategia eficaz requiere integrar ambos enfoques: uno mantiene la evolución en marcha, el otro garantiza la supervivencia del material genético.

Cambio climático: una amenaza transversal

El cambio climático está alterando profundamente los sistemas biológicos. El aumento de temperaturas, la mayor frecuencia de fenómenos extremos, las sequías, los incendios y la alteración de ciclos estacionales afectan a cultivos, ganados, bosques y ecosistemas acuáticos. Estos cambios reducen la diversidad disponible, desplazan poblaciones, favorecen nuevas plagas y enfermedades y aceleran la extinción de poblaciones vulnerables. En este contexto, la diversidad genética es la “maleta” que permite a las especies adaptarse a condiciones cambiantes. Junto a ella, la plasticidad fenotípica emerge como un componente clave de la resiliencia. Conservar parientes silvestres, variedades tradicionales y razas locales es una estrategia esencial para mantener genes únicos que pueden incorporarse a programas de mejora y adaptación.

Dimensión social y ética de la conservación

La conservación de los recursos genéticos no es solo un desafío técnico o científico, sino también social y ético. Implica decidir qué conservar, cómo hacerlo, quién se beneficia y cómo se reparten los costes y responsabilidades. La actividad humana —contaminación, sobreexplotación, deforestación, pérdida de hábitats y especies invasoras— ha dejado una huella profunda en todos los ecosistemas. En este contexto, la conservación se convierte en una tarea colectiva que requiere

cooperación internacional, políticas coherentes y una ciudadanía informada.

Cuatro mundos, un mismo desafío

Este libro propone un recorrido por cuatro grandes dominios de la vida —los ecosistemas acuáticos, el ganado, los cultivos y los bosques— para comprender cómo se genera, conserva y utiliza la diversidad genética en cada uno de ellos. Aunque sus dinámicas son distintas, comparten desafíos comunes: conservar la variabilidad frente a la erosión genética, garantizar un uso sostenible, integrar ciencia y saber tradicional, y adaptarse a un clima cambiante. Desde los bancos de semillas hasta las unidades de conservación forestal, desde los tratados internacionales hasta la diplomacia científica en los océanos, los capítulos que siguen muestran cómo se abordan estos retos desde perspectivas complementarias.

Una visión integrada promovida por REGEN-CSIC

Este libro está promovido por la Conexión Recursos Genéticos (REGEN) del CSIC¹, que impulsa la conservación, el conocimiento y el uso sostenible de los recursos genéticos en los cuatro dominios: acuáticos, animales, fitogenéticos y forestales. Su propósito es ofrecer una visión integrada de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura, entendidos en sentido amplio: desde los cultivos y ganados domesticados hace milenios hasta los árboles que sostienen los ecosistemas forestales y los organismos acuáticos que alimentan a una población mundial en crecimiento. Cuatro mundos distintos, pero profundamente interdependientes.

1. Los autores quieren mostrar su agradecimiento al REGEN por su revisión y sus contribuciones relevantes al libro: Delphine Grivet, Ricardo Alía, Lucía de la Rosa, Jesús Fernández, Antonio Granell, Luis Guasch, José Antonio Jiménez, Rosa Ana Malvar, María Ángeles Moreno, Montse Pérez y Pedro Revilla.