

Cuaderno N° 89

Técnicas de biotecnología para la conservación de la biodiversidad

Los recursos genéticos

Los recursos genéticos comprenden la amplia diversidad de organismos del planeta, y son la suma de todas las combinaciones de genes resultantes de la evolución de las especies (esto incluye variabilidad entre especies y dentro de una misma especie).

De particular importancia para la humanidad son los recursos vivos que forman parte de la agricultura, la ganadería, la pesca y la silvicultura. Las plantas cultivadas, los animales domésticos, y la rica diversidad entre ellos, constituyen el elemento más importante en cuanto a recursos genéticos para la alimentación y la agricultura.

Estos recursos son importantes tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados, tanto para las empresas comerciales como para los pequeños agricultores. Son la materia prima de la que dependen los cultivadores-criadores para desarrollar plantas y animales mejorados, y para desafiar a situaciones inesperadas como cambios en factores abióticos (como cambios climáticos) y necesidades humanas. Es por eso que se consideran a los recursos genéticos, como la base de la innovación de la agricultura moderna.

Para el manejo de los Recursos Genéticos, la

Biotecnología ofrece nuevas técnicas que complementan a las metodologías tradicionales de mejoramiento. A partir de los 80's, los avances en las técnicas de la Biología Molecular y en el Cultivo de Tejidos Vegetales, permitieron el desarrollo de técnicas tales como los marcadores de ADN, la genómica, la transformación genética, la crioconservación y la regeneración de plantas.

Qué es un agroecosistema y por qué es importante conservar su biodiversidad

Los agroecosistemas son ecosistemas en los que el ser humano ha ejercido una intencionada selectividad sobre la composición de los organismos vivos. Es decir, contienen poblaciones humanas y están alterados intencionalmente, y a menudo manejados intensivamente con el fin de proporcionar alimentos y otros productos. La conservación de la biodiversidad involucra estrategias y actividades de uso y manejo adecuado de la diversidad presente en esos ecosistemas, que permiten asegurar su renovación, conservación y productividad, de tal forma que se garanticen los beneficios de las poblaciones actuales, sin comprometer o desproteger el posible uso, las necesidades y las aspiraciones de generaciones futuras (agricultura sustentable; ver Cuaderno N° 27 y 59).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el mantenimiento de la biodiversidad

en un agroecosistema es necesario para garantizar la provisión continua de bienes y servicios como:

(I) La evolución y mejora de los cultivos y la ganadería a través de la selección y la cría: la interacción entre el medio, los recursos genéticos y las prácticas de mejoramiento que tienen lugar en los propios agroecosistemas asegura el mantenimiento y la adaptación a condiciones cambiantes de una biodiversidad agrícola dinámica;

(II) El apoyo biológico a la producción: apoyo proporcionado por los organismos que constituyen la diversidad biológica de los agroecosistemas. Por ejemplo, la fauna del suelo y los microorganismos, junto con las raíces de las plantas y de los árboles, aseguran los ciclos de nutrientes; depredadores, organismos que controlan enfermedades y la resistencia genética de las plantas contribuyen a contener plagas y enfermedades; e insectos polinizadores contribuyen a la fecundación cruzada de plantas de cultivo); y

(III) Más amplias funciones ecológicas: procesos ecológicos valiosos que resultan de las interacciones entre especies y entre éstas y el medio, como el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la calidad del agua y la regulación del clima.

Existen dos formas de conservación de los recursos genéticos:

1. Conservación en el sitio de origen (in situ)

Es la conservación de seres vivos y sus recursos genéticos que se realiza en los ecosistemas naturales o sitios de origen (Ver cuaderno N° 81), en las parcelas de los agricultores y en territorios tradicionales y culturales de comunidades locales. La conservación in situ se desarrolla en parques nacionales y reservas naturales. Por ejemplo, en el Parque Nacional Lanín, de Argentina, se conservan árboles que no están presentes en otras regiones del territorio nacional. Estos son: el pehuén, roble pellín y el raulí.

2. Conservación fuera del sitio de origen (ex situ)

Es la conservación y colección de recursos genéticos o sus productos derivados fuera de sus condiciones naturales. Incluye entre otros: jardines botánicos, zoológicos, centros de investigación, bancos de semillas y de germoplasma (ver más adelante).

La biotecnología y la conservación de recursos genéticos

En un mundo con necesidades crecientes de obtener alimentos, en el que la producción intensiva tiene que jugar un papel fundamental, se hace muy necesario el conocimiento y la conservación de los recursos genéticos.

La biotecnología ofrece nuevas herramientas que se suman a las clásicas de mejoramiento genético (Ver Cuaderno N° 27, 39), para cumplir dos objetivos básicos: mantenimiento de la diversidad natural (para

la conservación y la utilización de los recursos genéticos), y mejora genética de las plantaciones agrícolas. También ofrece estrategias específicas para la conservación ex situ. Las herramientas que ofrece la biotecnología moderna son:

• Conocer la biodiversidad

Históricamente, las colectas de germoplasma tenían como objetivo conocer la taxonomía y las relaciones evolutivas entre las especies colectadas y las cultivadas. Actualmente, el objetivo principal de la colecta y conservación de germoplasma es su utilización en fitomejoramiento (ver Cuaderno N° 18, 27, 45). El conocimiento de la variabilidad genética disponible se logra mediante una sistemática caracterización y evaluación de las colecciones existentes.

Existe una gran cantidad de herramientas para la caracterización del germoplasma: Marcadores morfológicos y caracteres agronómicos (medición de ciertos caracteres fenotípicos de interés); marcadores citológicos (cariotipos); marcadores bioquímicos (análisis de isoenzimas, electroforesis de proteínas, metabolitos secundarios) y marcadores moleculares (RFLPs, AFLPs, RAPDs, microsatélites y muchos otros). Estos últimos agrupan a todo aquel sistema que permite detectar variabilidad directamente al nivel del ADN, y son los más ampliamente utilizados en los últimos años (Ver Cuaderno N° 67).

El uso de marcadores moleculares permite determinar una serie de interrogantes como: el conocimiento de la diversidad genética, estudios de relaciones filogenéticas entre especies y taxones superiores, identificación de materiales duplicados en las colecciones (clones) y desarrollo de colecciones núcleo (*core collection*). Esta última corresponde a un número limitado de accesiones derivado de una colección existente de germoplasma, cuya función es representar el espectro genético y la diversidad genética existente en la colección original.

• Conservar la biodiversidad

Como se mencionó anteriormente, la conservación ex situ de la biodiversidad se puede realizar en diferentes sistemas, entre ellos los bancos de germoplasma y de genes, en donde se utilizan algunas técnicas biotecnológicas:

Bancos de germoplasma

Los Bancos de Germoplasma son infraestructuras que permiten conservar esa diversidad genética (en forma de semillas o en estado vegetativo) durante largos períodos de tiempo.

En la Argentina, con el objetivo de conservar la agrobiodiversidad, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ha implementado la conservación ex situ de aquellos recursos genéticos de importancia para sus actividades, destinadas al desarrollo de una agricultura y ganadería sostenible y

competitiva. La Red de Bancos del Programa de Recursos Genéticos del INTA, está constituida por un Banco Base (ubicado en Castelar, Bs. As.) y 9 Bancos Activos para semillas convencionales, responsables de diferentes especies (según el área agroecológica donde están ubicados). El banco base de germoplasma del INTA, cuyo objetivo principal es conservar a largo plazo semillas de especies vegetales, fue creado en el año 1991 en la localidad de Castelar. Actualmente resguarda más de 32.000 accesiones de 550 especies vegetales.

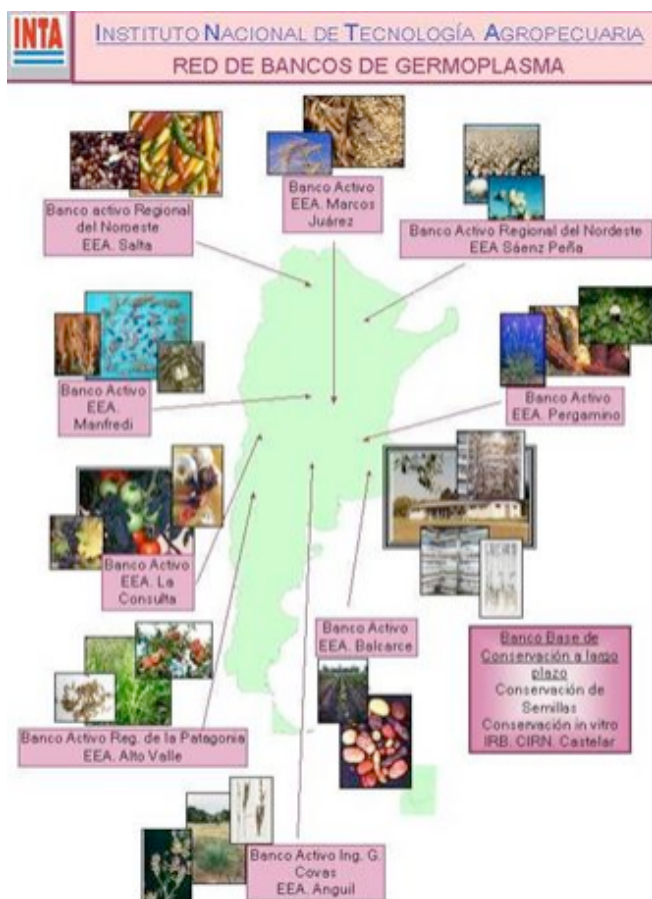
Negro), Guillermo Covas (La Pampa), La Consulta (Mendoza), Marcos Juárez (Córdoba), Manfredi (Córdoba), Sáenz Peña (Chaco) y Cerrillos (Salta).

Fuente: INTA

Las actividades que se llevan a cabo están dirigidas a la colecta de germoplasma, introducción e intercambio de materiales de diversas procedencias geográficas y/o instituciones, conservación de los recursos en el mediano y largo plazo bajo condiciones controladas, caracterización, evaluación y desarrollo de germoplasma, documentación de los materiales y creación de bases de datos computarizadas.

En estos bancos, el material colectado puede almacenarse y conservarse de diferentes formas, según sus características.

Banco de semillas: recibe, para la conservación en el largo plazo, duplicados de las colecciones de los Bancos Activos del INTA así como de Organismos nacionales e internacionales del ámbito público y privado, constituyendo la principal fuente de germoplasma para especies de interés. El Banco Base de semillas comenzó a funcionar en 1993, y ya posee un inventario de 25.300 entradas, que incluye colecciones base de maní, lino, sorgo, eucaliptos, maíz, trigo, soja, forrajeras, papa, cebada, algodón, girasol y quínoa, y colecciones de trabajo de trigo. Las técnicas de conservación de semillas empleadas pretenden lograr el máximo tiempo de almacenamiento con la mínima pérdida de viabilidad, objetivos que se logran al someter a las semillas a un procesamiento



Red de bancos de germoplasma de INTA: constituida por el Banco Base (BB) de Castelar (Bs.As.) y 9 Bancos Activos (BA) en Balcarce (Bs. As.), Pergamino (Bs. As.), Alto Valle (Río

controlado, previo al almacenaje en cámaras frías (-20°C).

Tabla 1: Colecciones conservadas a largo plazo en el Banco Base de semillas. En la tabla se indican las especies conservadas y la procedencia (Bancos activos y otros). Fuente: Servicios INTA / Banco

CULTIVO/ ESPECIE	PROCEDENCIA
Batata	Citogenética.IRB.INTA.Castelar
Trigo	Citogenética.IRB.INTA.Castelar (Colecc. De trabajo)
aromáticas	IRB.INTA.Castelar
Trigo	B.A. Marcos Juárez; Inst. Genética INTA.Castelar
Cebada	Inst. de Genética.INTA.Castelar
Maíz	B.A. Manfredi - Córdoba
Sorgo	B.A. Manfredi - Córdoba
Girasol	B.A. Manfredi; B.A. Pergamino
Maíz	B.A. Pergamino - Bs.As
Festuca (forrajera)	B.A. Pergamino - Bs.As
Trébol Rojo (forrajera)	B.A. Pergamino - Bs.As
Trébol Blanco (forrajera)	B.A. Pergamino - Bs.As
Bromus (forrajera)	B.A. Pergamino; B.A. Alto Valle; B.A. Anguil
Melilotus (forrajera)	B.A. Anguil - La Pampa
Forraj. Tropic.	E.E.A. Mercedes
Lino	E.E.A. Paraná
Soja	B.A. Marcos Juárez - Córdoba
Algodón	B.A. Roque Sáenz Peña - Chaco
Papa	B.A. Balcarce - Bs.As.
Tomate	B.A. La Consulta - Mendoza
Lechuga	B.A. La Consulta - Mendoza
Poroto	B.A. La Consulta - Mendoza
Eucalipto	Bosques Cultivados.IRB.INTA.Castelar
Ornamentales	JICA.INTA.Castelar
Quínoa	Facultad de Agronomía. UBA
Amaranto	Facultad de Agronomía. UBA



“Banco de semillas”.

Fuente: Servicios INTA / Banco

Aquellas semillas susceptibles a la desecación (recalcitrantes) y por lo tanto no factibles de ser conservadas por el método convencional, sólo pueden ser almacenadas a largo plazo en nitrógeno líquido a muy bajas temperaturas (-196°C). En esta técnica, llamada crioconservación, se produce el cese de todas o casi todas las reacciones metabólicas celulares.

ü Banco in vitro: para cultivos de importancia económica, donde la conservación de semilla no es factible debido a que se propagan preferentemente en forma vegetativa el banco de germoplasma in vitro, se ha convertido en una contribución importante del mantenimiento convencional de las grandes colecciones en el campo y es hoy un método viable para conservarlas con bajo riesgo de contaminación y pérdidas, en un espacio reducido y menores insumos en función del tiempo de conservación. La conservación in vitro de los recursos genéticos ha tenido un avance considerable durante la última década. El cultivo de tejidos permite conservar in vitro un amplio rango de especies en diversos tipos de muestra como plantas completas, semillas, retoños, yemas, ápices caulinares, meristemas, óvulos, embriones, células en suspensión, protoplastos, anteras, polen y ADN (Ver Cuadernos 35, 56). La conservación in vitro de germoplasma se centra en controlar el crecimiento normal de explantes viables,

manipulando ya sea la constitución del medio de cultivo y/o las condiciones de almacenamiento.



“Conservación in vitro”.

Fuente: Servicios INTA / Banco

ü Bancos de genes: el objetivo último de la conservación de recursos genéticos corresponde a la preservación de genes, esto es segmentos de ADN que codifican la síntesis de una proteína determinada y sus secuencias regulatorias o promotoras, lo cual se realiza de forma indirecta al conservar germoplasma. Mediante ADN recombinante es posible conservar directamente el material genético, es decir secuencias de ADN de interés ya sea como ADN genómico o como fragmentos discretos de ADN clonados y almacenados en E. coli en lugar de semillas, propágulos vegetativos o material in vitro. De este modo se pretende facilitar el uso directo de los genes y las secuencias regulatorias existentes en los recursos genéticos, acelerar la identificación y clonación de genes valiosos existentes en los recursos genéticos y a la vez de hacer más directa su transferencia a especies cultivadas mediante transgénesis.

Mediante la biotecnología moderna y otras tecnologías conexas, la información derivada del conocimiento de la biodiversidad, puede convertirse, a su vez, en compuestos, procesos, métodos, herramientas o productos útiles para la humanidad. Entre los avances en esta área, se encuentran los nuevos enfoques para la evaluación, el seguimiento y la restauración de la diversidad biológica. El desafío para muchos países y regiones ricos en biodiversidad es poder incluir metas y objetivos comerciales al aprovechamiento y la explotación sostenibles de la diversidad biológica, en beneficio de la sociedad.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

Este Cuaderno presenta herramientas o técnicas que la biotecnología moderna pone a disposición del hombre para conservar los recursos biológicos. En este apartado de Consideraciones metodológicas se destacan aspectos interesantes vinculados con este tema, que es interesante trabajar en el aula, independientemente del nivel de escolaridad de los alumnos:

- Uno de los aspectos principales que se sugiere trabajar antes de incorporar los contenidos de este Cuaderno es el concepto de recurso. Cuando los bienes que ofrece la naturaleza (organismos, suelos, minerales, bosques, petróleo, etc.) que no pueden ser utilizados directamente son transformados en productos útiles y utilizados por los seres humanos, se los denomina **recursos**.

- Es importante recalcar el hecho de que el hombre, como el resto de las especies, depende de los **recursos naturales** para su subsistencia. Por lo tanto, debe hacer uso de ellos, debe consumir productos vegetales y/o animales, cazar, pescar, talar árboles, controlar plagas, etc. Sin embargo, es importante introducir la idea de **uso responsable y sustentable de los recursos**. Es decir que el hombre debe planificar y controlar el aprovechamiento de los recursos, evitando su agotamiento y asegurando su renovabilidad.

- Se sugiere elaborar estos temas en conjunto con los docentes de Ciencias Sociales, al trabajar la población humana, su crecimiento y los recursos alimenticios. En este contexto es interesante trabajar el concepto de **desarrollo sustentable** que la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo define como "aquel que satisface las necesidades actuales de la humanidad sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades".

- Otro aspecto interesante para incluir en la clase a partir de este Cuaderno es el concepto de **agroecosistema** y de agricultura tradicional, y sus efectos en el ambiente, y dejar en claro que la biotecnología moderna no puede revertir de forma generalizada los efectos negativos de la agricultura tradicional, pero puede ofrecer soluciones puntuales a problemas

particulares (ver Cuaderno N° 59). Vinculado con este punto, es importante que los alumnos puedan comprender el hecho de que los alimentos que son producto de la actividad agrícola no son "naturales", independientemente de la técnica empleada para su obtención (convencional, orgánica, ingeniería genética) ya que implican la intervención humana que se inició con el comienzo mismo de la agricultura hace 10 mil años.

- Otro aspecto fundamental de este Cuaderno, y de la enseñanza de la biología en general, es el concepto de biodiversidad. Aunque este Cuaderno hace referencia, básicamente a la diversidad de los recursos genéticos se sugiere a los docentes incorporar la idea de biodiversidad en tres niveles diferentes (pero relacionados):

Diversidad de especies. Se refiere al número de especies diferentes que hay en una región. Cada especie está integrada por individuos que pueden reproducirse entre sí y dejar cría fértil. Una región tendrá mayor riqueza específica cuanto más especies diferentes incluya.

Diversidad genética. Aunque los individuos de una especie son semejantes entre sí, no son iguales ya que la información genética que contienen en sus células no es idéntica. Algunos fragmentos del material genético son iguales y determinan que los individuos compartan los caracteres propios de la especie. Pero, existen otros genes que son

diferentes y que determinarían diferencias entre un individuo y el otro.

Diversidad de ecosistemas. Las especies tienden a relacionarse entre sí y con el ambiente físico, conformando un sistema ecológico o ecosistema. Por ejemplo, un desierto, una selva o un árbol pueden considerarse ecosistemas diferentes que varían en sus condiciones ambientales (luz, temperatura, etc.), en las especies que los componen, y en las relaciones que se establecen entre los organismos y con el ambiente físico

- La biodiversidad tiene valor científico ya que su estudio aporta conocimientos acerca de los procesos biológicos y del funcionamiento de los ecosistemas, y un valor estético ya que la observación de la naturaleza permite apreciar y disfrutar de los resultados de millones de años de evolución biológica. El valor ético también es importante y consiste en reconocer el derecho del ser humano a hacer uso de la diversidad biológica y la obligación de respetar a las otras especies que conviven con él.

- Es importante interpretar la biodiversidad como un hecho a nuestro alrededor y del cual formamos parte. Para eso se sugiere realizar con los alumnos actividades de observación y registro de datos en el entorno de la escuela o del barrio, en la cual se ponga de manifiesto la diversidad de especies y de individuos. Antes de su realización se debe trabajar con los alumnos aspectos vinculados

a la recolección de datos, su registro, su posterior análisis y representación gráfica.

- El concepto de biodiversidad viene de la mano de los conceptos de **extinción** y **preservación**. Es importante trabajar estos aspectos como una forma de comenzar a crear en los alumnos conciencia acerca del problema de la pérdida de diversidad, de cómo los seres humanos nos hallamos involucrados en él y en la búsqueda de soluciones. Por ejemplo, resaltar el hecho de que muchos medicamentos que se emplean hoy en día tuvieron un origen natural, hallados fundamentalmente a partir de las plantas. Conservar esa diversidad podría llevar en el futuro al hallazgo de fármacos hasta hoy desconocidos, y a la cura de enfermedades hoy incurables.

- Otro contenido interesante a trabajar referido a la preservación, es el de **Áreas Protegidas**, y si fuera posible realizar una visita a alguna de estas áreas. La Unión Mundial para la Naturaleza – la principal organización dedicada al desarrollo de las áreas protegidas-, distingue seis tipos de áreas que van desde las reservas deshabitadas y dedicadas a la investigación científica a los innumerables parques administrados por las poblaciones locales.

CONCEPTOS RELACIONADOS

Biodiversidad. Recursos naturales. Recursos genéticos. Ecosistemas. Conservación. Técnicas de biología molecular.

ACTIVIDADES

Actividad 1: Revisión de conceptos

Nota para el docente: el objetivo de esta actividad es revisar los conceptos introducidos en la sección teórica. Las respuestas serán fácilmente encontradas en el desarrollo de la misma.

1. ¿A qué se denomina Recurso Genético?
2. ¿Qué es un agroecosistema?
3. ¿Qué aporte realiza la diversidad biológica a los cultivos agronómicos?
4. ¿Cuáles son las formas de conservar recursos genéticos? Dar ejemplos
5. ¿Qué herramientas brinda la biotecnología en la medición de la diversidad genética?
6. ¿Qué sistemas se utilizan para conservar la biodiversidad?

Actividad 2

Leer el siguiente artículo [El arca de las semillas \(semillasypi.org.ar\)](http://semillasypi.org.ar). Luego de la lectura conversar en grupos o en conjunto toda la clase las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la importancia de un banco de germoplasma?
- ¿Les parece que la metáfora del Arca de Noé utilizada en el texto es apropiada? ¿Por qué?
- Los “tesoros guardados” en números. A continuación, se listan algunos números, ir al texto para ver a qué refieren. Una vez hecho esto, responder ¿Les llaman la atención estos números? ¿Por qué?

- 6.000.000
- 1.500
- 32.000
- 93
- 9

Actividad 3

Se sugiere realizar esta actividad cercana a la fecha establecida por la FAO como el “22 de mayo - Día de la diversidad biológica”. ¿Les gustaría ser divulgadores científicos por un rato? Se puede empezar practicando en la escuela con la siguiente actividad. Leer este artículo

[Biodiversidad: ¿cómo la biotecnología puede ayudar a enfrentar los desafíos? \(argenbio.org\)](http://argenbio.org) y volcar los contenidos leídos en el mismo en otro formato atractivo: ej. poster, infografía, presentación digital en Canva / Power Point, reel para una red social, video u otro. ¡A usar la creatividad!

Bonus track

En este video <https://www.youtube.com/watch?v=Ih2TPzy8fCo> se muestra la colección de olivos del INTA, ubicada en San Juan, que cuenta con más de 100 variedades, alrededor de 1000 plantas y contiene materiales de excelencia para el resguardo de la biodiversidad. El Consejo Oleícola Internacional reconoció su labor e integrará la red mundial junto con las colecciones de España, Marruecos y Turquía.

Los docentes pueden optar por ver este video para ver un lindo ejemplo de conservación de diversidad en Argentina.

Material de consulta y lectura

1. <https://www.fao.org/cgrfa/topics/biodiversity/es> - Sitio de la FAO con diversos artículos sobre biodiversidad.
2. La biotecnología en la conservación de la diversidad biológica vegetal - Fundación Antama (fundacion-antama.org) – Sitio de Fundación Antama
3. Bancos de germoplasma: una reserva de alimentos para el futuro (argenbio.org) – Sitio de ArgenBio

"El Cuaderno" de PQBio es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología – ArgenBio.