



Ana Lía De Longhi es Doctora y Licenciada en Ciencias y la Educación (UCC) y Prof. en Ciencias Biológicas (UNC). Actualmente es Profesora Titular Plenaria de Didáctica General, Especial y Universitaria, en la FCEFyN-UNC y es docente posgrado en carreras relacionadas con la Educación en Ciencias. Ha ejercido la enseñanza como profesora en el nivel medio. Fue directora de la Maestría en Educación en Ciencias y Tecnología UNC y editora de la Revista de Educación en Biología (ADBIA). Hace más de veinte años que se dedica a la Didáctica de las Ciencias, realizando tareas tanto de docencia como de investigación, extensión y gestión, las que promueven y contribuyen a la identidad del campo disciplinar de la Didáctica de la Biología y del campo de investigación de análisis del discurso. E-mail: analiadelonghi@yahoo.com.ar



9 789877 070033

Este libro integra diferentes aportes científicos y educativos tendientes a la comprensión de la compleja temática de la biodiversidad.

Su propósito es contribuir a la formación de docentes de escuela secundaria y de institutos para la formación docente (IFD), desde aspectos disciplinares y didácticos de la diversidad biológica y desde una visión tanto integrada como actualizada que permita diseñar adecuadas transferencias. Además, presenta un conocimiento científico, tanto ecológico-biológico como didáctico, cercano a la realidad de los profesores de Biología de Córdoba, recuperando referentes de su contexto geográfico.

Esta producción se enmarca en proyectos de investigación y desarrollo financiados por FONCYT (PICT-2011-0977) y por SECYT (UNC-2014), que conforman una línea de trabajo relacionada con la enseñanza y el aprendizaje del conocimiento didáctico de Biología.

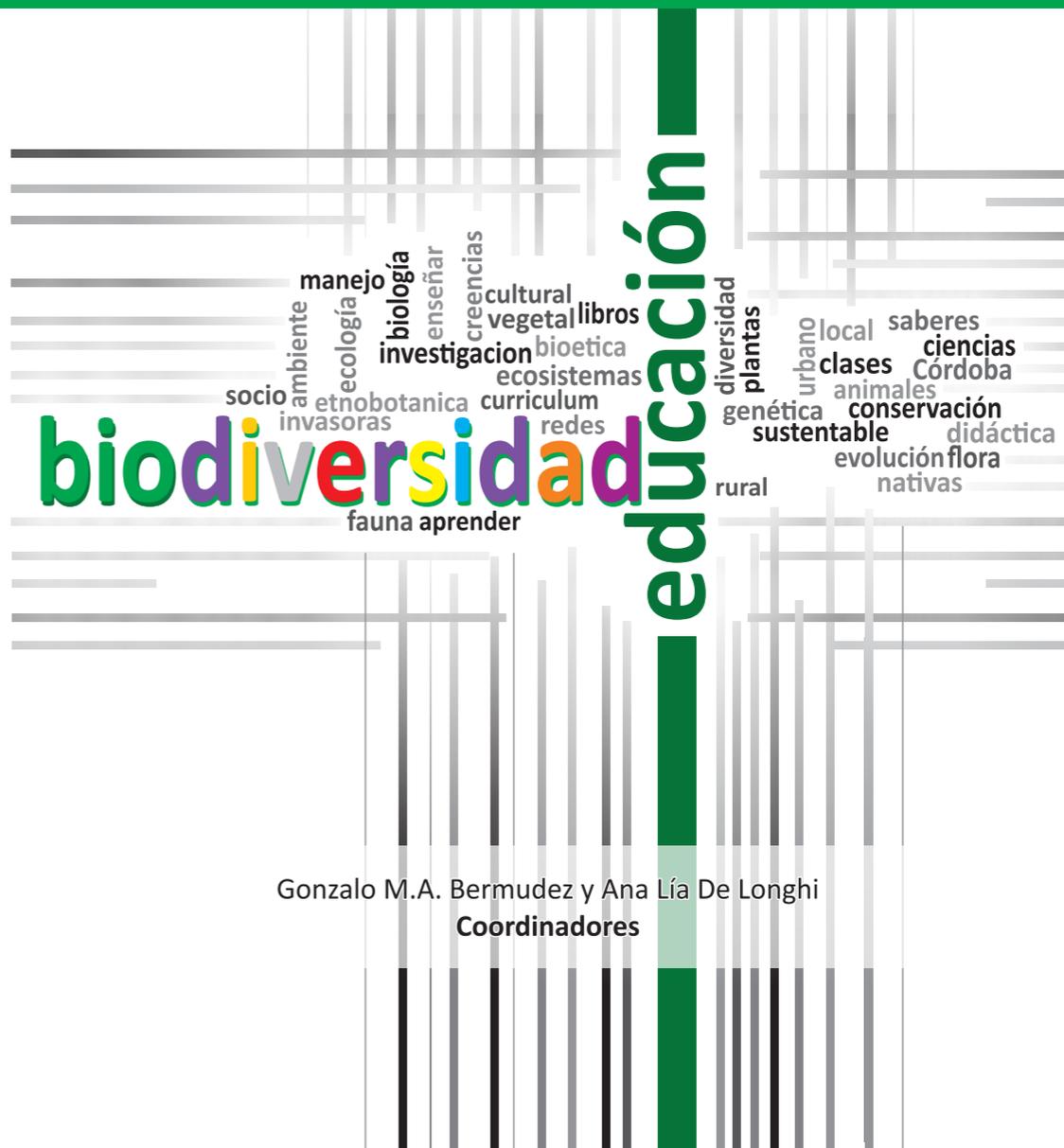
RETOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIODIVERSIDAD HOY.
APORTES PARA LA FORMACIÓN DOCENTE

Gonzalo M.A. Bermúdez y Ana Lía De Longhi
Coordinadores

RETOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIODIVERSIDAD HOY. APORTES PARA LA FORMACIÓN DOCENTE



Gonzalo M.A. Bermúdez es Doctor, Profesor en Ciencias Biológicas y Biólogo por la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Se desempeña actualmente como Profesor Adjunto de Didáctica General y Especial en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN, UNC). Es investigador asistente del CONICET en el área de "Psicología y Educación". Su campo de trabajo se enmarca en el estudio de las concepciones sobre la diversidad biológica, la transposición didáctica que promueven los libros de texto y en el análisis del discurso educativo. Dirige y participa como miembro de equipo de proyectos de investigación, de donde derivan diversas publicaciones nacionales e internacionales. A su vez, desarrolla e implementa actividades de extensión en escuelas secundarias públicas de Córdoba. E-mail: gbermudez@com.uncor.edu



Gonzalo M.A. Bermúdez y Ana Lía De Longhi
Coordinadores

RETOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIODIVERSIDAD HOY.

APORTES PARA LA FORMACIÓN DOCENTE

Coordinadores

Gonzalo M.A. Bermudez

Ana Lía De Longhi

Autores

Marcelo Arana	Melisa A. Giorgis
Luisina V. Battistón	Andrea Hued
Alejandra Becerra	Susana Lagos Silnik
Gonzalo M.A. Bermudez	Silvana Longo
María de los Ángeles Bistoni	Gustavo J. Martínez
Claudia M. Campos	Evangelina Natale
César Crivello	Laura C. Nolli
Claudia Daga	Eduardo Nouhra
Graciela Daniele	Antonia Oggero
Ana Lía De Longhi	María Laura Perasso
Sandra M. Díaz	Diana Perazzolo
Laura Domínguez	Natalia Pérez-Harguindeguy
Lucas Enrico	Alcira Rivarosa
Florencia Fernández Campón	Mariano Sironi
Leonardo Galetto	Paula A. Tecco
Lía P. García	Carolina Torres
María Constaza García Capocasa	Ricardo Torres
Cristina N. Gardenal	Carlos Urcelay

Diseño tapa: Giuliano, Mariano Ivan

Corrector de estilo: Gonzalo M.A. Bermudez

Idea de Tapa: Analía De Longhi y Gonzalo M.A. Bermudez

Díaz, Sandra M.

Retos para la enseñanza de la biodiversidad hoy : aportes para la formación docente / Sandra M. Díaz ; coordinación general de Gonzalo M. A. Bermudez ; Ana Lía De Longhi. - 1a ed. - Córdoba : Editorial de la UNC, 2015.

390 p. ; 21 x 15 cm.

ISBN 978-987-707-003-3

1. Biodiversidad. 2. Escuela Secundaria. 3. Formación Docente. I. Bermudez, Gonzalo M. A. , coord. II. De Longhi, Ana Lía, coord. III. Título.

CDD 371.1

Fecha de Catalogación: 19/08/2015

Esta publicación ha contado con subsidios de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba (Resolución 216/2014), del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba (Resolución 113/2011) y de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCyT), proyecto PICT-2011-0977.

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño de tapa, puede ser reproducida, almacenada o transmitida por ningún medio, ya sea electrónico, químico, óptico, de grabación o por fotocopia sin autorización previa de los de los autores.

Los capítulos que integran este libro fueron solicitados a los autores, evaluados por los coordinadores y por miembros del Consejo Editorial (en este caso bajo el sistema *dobles ciegos*), modificados por los autores y aceptados, en su versión final, por los coordinadores.

AGENCIA



Universidad
Nacional
de Córdoba

Coordinadores

Dr. Gonzalo M.A. Bermudez

Universidad Nacional de Córdoba – CONICET

Dra. Ana Lía De Longhi

Universidad Nacional de Córdoba

Consejo editorial

Dra. Claudia Campos

Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas IADIZA (CONICET)

Dra. Sonia Colantonio

Universidad Nacional de Córdoba – CONICET

Dr. Diego Fonti

Universidad Católica de Córdoba – CONICET

Dra. Melisa A. Giorgis

Universidad Nacional de Córdoba – IMBIV (CONICET)

M.Sc. Roberto Aníbal Hernández

Universidad Nacional de Córdoba

Dra. Maricel Occelli

Universidad Nacional de Córdoba – CONICET

Dr. Jaime Polop

Universidad Nacional de Río Cuarto – CONICET

Dra. Andrea Revel Chion

Universidad de Buenos Aires

Dra. Alcira Rivarosa

Universidad Nacional de Río Cuarto

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a los autores de este libro, quienes decidieron colaborar denodada y desinteresadamente con nuestra propuesta, con el firme propósito de influir positivamente en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en nuestro país.

También queremos agradecer a las fuentes de financiamiento, tanto directas (SECYT de la Universidad Nacional de Córdoba –UNC- y FONCYT de la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica), como indirectas (Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas –CONICET-, universidades nacionales y ministerios provinciales), por invertir en las horas dedicadas de los editores y autores en la escritura de este material.

Nuestro especial reconocimiento a las escuelas, docentes y alumnos que participaron en las investigaciones didácticas, ofreciendo sus espacios, tiempos y conocimientos, en vistas a una devolución que finalmente se sustanció en estas páginas.

Por último, nuestra gratitud a los miembros del Consejo Editorial, quienes contribuyeron significativa y constructivamente a mejorar la calidad de los aportes aquí vertidos.

Índice	Pág.
Una introducción al reto que representa la enseñanza de la biodiversidad hoy. <i>Ana Lía De Longhi y Gonzalo M.A. Bermudez</i>	15
Sección Ecológica	
1. ¿Qué es la Diversidad Biológica? (y por qué nos importa, cómo se genera y cómo se mide). <i>Natalia Pérez-Harguindeguy, Lucas Enrico y Sandra M. Díaz</i>	25
1. ¿Qué es la biodiversidad?	
2. ¿Por qué nos importa la biodiversidad?	
3. ¿Cómo se origina la biodiversidad?	
4. ¿Cuáles son los componentes de la biodiversidad?	
5. ¿Cómo se estudia la biodiversidad?	
6. ¿Cuáles son las estrategias para manejar la biodiversidad a nivel global y en Argentina?	
7. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema?	
2. La diversidad de ecosistemas en Córdoba. <i>Leonardo Galetto y Carolina Torres</i>	57
1. ¿Qué es la diversidad de ecosistemas?	
2. ¿Cómo es la diversidad ecosistémica de la Provincia de Córdoba?	
3. ¿Cuáles son los principales factores que condicionan la conservación de los ecosistemas de Córdoba?	
4. ¿Por qué es importante conservar la diversidad ecosistémica?	
5. ¿Cómo conservar los ecosistemas de Córdoba?	
6. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema?	

3. La genética de la biodiversidad: el componente poblacional en la lupa. *Cristina Noemí Gardenal*

1. ¿Qué es la diversidad genética y cómo la vida cotidiana se relaciona con ésta?
2. ¿Cómo se puede reconocer la diversidad genética?
3. Las poblaciones, ¿son sólo humanas?
4. ¿Cómo se estudia la diversidad genética en las poblaciones?
5. ¿Por qué la evolución actúa sobre las poblaciones? ¿La evolución lleva a una mayor diversidad?
6. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema?

4. La diversidad de plantas con flores en la provincia de Córdoba. *Antonia Oggero, Marcelo Arana y Evangelina Natale*

1. ¿Por qué se distribuyen así las especies?
2. ¿Cuáles son las especies de plantas de las distintas regiones de Córdoba?
3. ¿Por qué se dice de algunas plantas que son yuyos, malezas o especies tolerantes?
4. ¿Cómo se relacionan la diversidad vegetal y los servicios ecosistémicos con las perturbaciones ecosistémicas?
5. ¿Qué especies de plantas son más probables de encontrar en el patio de mi casa o del colegio?
6. ¿Qué es lo que nunca se dice de algunas especies y qué es lo que frecuentemente se cree de otras?
7. ¿Cómo se estudia la diversidad vegetal?
8. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema?

5. Las plantas invasoras: una amenaza para los ecosistemas de Córdoba. *Paula A. Tecco y Melisa A. Giorgis*

1. ¿Qué es una especie exótica y cómo se convierte en invasora?
2. ¿Por qué las especies invasoras le ganan a las nativas?

3. Impacto: ¿Qué problemas pueden ocasionar las plantas invasoras?
4. Manejo de las invasiones: ¿Qué podemos hacer para enfrentar el problema de las especies invasoras?
5. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema?

6. Diversidad de vertebrados de la provincia de Córdoba. 165
Aportes para su conocimiento y conservación. *María de los Angeles Bistoni, Andrea Hued, Mariano Sironi y Ricardo Torres*

1. ¿Cuántas especies de vertebrados se han registrado hasta el momento en la provincia de Córdoba? ¿Cómo se distribuyen a lo largo del territorio provincial?
2. ¿Cuáles son las especies exóticas en la provincia y cuáles fueron las causas de su introducción?
3. ¿Por qué algunas especies provocan repulsión o temor en las personas? ¿Qué es lo que erróneamente se cree de ellas y cómo pueden desmitificarse esas creencias?
4. ¿Cuáles son las adaptaciones que permiten a las especies vivir en distintos ambientes, ser diurnas o nocturnas y tener diferentes dietas?
5. ¿Qué lugar ocupan en las redes tróficas las distintas especies de vertebrados?
6. ¿Cómo afectan las alteraciones del medio ambiente generadas por las actividades humanas a la diversidad de vertebrados?
7. ¿Cómo se aborda el estudio de la diversidad de vertebrados? ¿Qué métodos se utilizan?
8. ¿Qué especies de vertebrados pueden observarse en el patio de mi casa o del colegio?
9. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema a los alumnos?

Sección *Otras ciencias***7. La construcción de la biodiversidad en clave cultural: Anclaje de saberes locales en el aula desde la perspectiva interdisciplinar de la etnobiología.** *Gustavo J. Martínez*

197

1. ¿Qué importancia tiene considerar los aspectos socioculturales en la construcción del concepto de biodiversidad?
2. ¿Qué campos del conocimiento permiten trabajar desde una mirada científica la inclusión de los saberes locales y cómo puede llevarse a cabo esta tarea?
3. ¿Saberes locales, conocimientos ecológicos tradicionales o ideas previas? Relevancia de la educación científica intercultural
4. ¿Cómo contribuye la labor de investigación y educación en etnobiología a la conservación de los componentes y atributos de la biodiversidad, y al uso sustentable de los mismos?
5. ¿Qué experiencias, casos locales o prácticas nos permiten ilustrar y poner de relieve la versatilidad educativa de la etnobiología?
6. ¿Qué aportes podemos realizar al trabajo áulico relacionados con la enseñanza de estos tópicos y enfoques en contextos urbanos y rurales?

8. Los aportes de la bioética para la conservación de la biodiversidad. *César Crivello*

219

1. ¿Qué es la bioética y qué líneas de trabajo se orientan hacia la Biología?
2. ¿Cuál es el aporte que hace la bioética a la conservación de la diversidad biológica?
3. ¿Cómo el discurso bioético puede generar aportes para entender los problemas ambientales actuales?
4. ¿Cómo se adaptan y enriquecen los discursos de la bioética según la gestión escolar?
5. ¿Qué recursos puedo utilizar para enseñar bioética en distintas problemáticas ambientales?
6. ¿Cómo puedo presentar en el aula problemas bioéticos que promuevan la deliberación?

Sección *Didáctica*

9. La Didáctica de la Biología: tensiones que desafían la formación del educador en ciencias. *Ana Lía De Longhi y Alcira Rivarosa*

239

1. El conocimiento biológico hoy, ¿qué nos propone?
2. ¿Cuál es el desafío didáctico para el docente de Biología?
3. ¿Qué se investiga en la actualidad sobre la educación en Biología?
4. ¿Es lo mismo enseñar Ecología que Educación ambiental?
5. ¿Cuáles son las perspectivas para la formación inicial y continua de profesores de Biología en estas temáticas?
6. ¿Qué prácticas docentes sería interesante desarrollar en nuestras clases?

10. Los diseños curriculares y los libros de texto como niveles de transposición del contenido “biodiversidad”: ¿cómo presentan y tratan su conceptualización? *Gonzalo M.A. Bermudez y Laura C. Nolli*

259

1. ¿Por qué los manuales escolares se relacionan con la transposición didáctica y el currículum?
2. ¿Qué indican los diseños curriculares que debe enseñarse de la biodiversidad? Los casos de las provincias de Córdoba y Buenos Aires
3. ¿Cómo investigar el modo en que los manuales escolares de Argentina tratan el tema de la diversidad biológica?
4. ¿Cuál es el concepto de biodiversidad que transponen los libros de texto de Argentina?
5. ¿Qué son los niveles de complejidad para el tratamiento de un contenido y cómo pueden identificarse en los libros de texto para el concepto de biodiversidad?
6. Considerando la transposición que promueven los libros de texto... ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar la diversidad biológica realizando una adecuada transposición y vigilancia epistemológica?

11. La enseñanza de las plantas como un obstáculo educativo y los caracteres de visibilidad ecológica que pueden ayudar a superarlo: ¿qué especies consideran nativas los estudiantes de Córdoba?

Gonzalo M.A. Bermudez y María Constaza García Capocasa

1. ¿Por qué la enseñanza de las plantas en la escuela puede verse como un obstáculo?
2. ¿Por qué las flores son tan importantes para tomar conciencia de la presencia de plantas?
3. ¿Cómo indagar sobre el conocimiento de las plantas nativas de nuestros alumnos?
4. ¿Qué especies de plantas nombran como nativas de Córdoba los estudiantes del ciclo orientado en Ciencias Naturales de la escuela secundaria?
5. ¿Cuál es la “visibilidad ecológica” de las especies vegetales que los estudiantes consideraron nativas de Córdoba?
6. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema y superar algunos de los obstáculos identificados?

12. ¿Qué factores socio-culturales y geográficos influyen en el conocimiento de las especies animales? Un estudio con alumnos del ciclo orientado de la escuela secundaria de Córdoba.

Gonzalo M.A. Bermudez, Luisina V. Battistón y Lía P. García

1. ¿Cuáles son los factores que pueden influir en la percepción de la diversidad de especies?
2. ¿Existen preferencias y actitudes más favorables hacia algunos animales en detrimento de otros?
3. ¿Qué especies de animales nombran como nativos alumnos de la provincia de Córdoba y qué razones dan para priorizar su conservación?
4. ¿Qué razones priorizan los estudiantes para conservar a determinados animales?
5. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema?

	Pág.
Sección <i>Propuestas para el aula</i>	
13. En el jardín de la escuela: ¿quiénes viven y qué hacen? <i>Susana Lagos Silnik, Florencia Fernández Campón y Claudia M. Campos</i>	351
1. Introducción	
2. Objetivos	
3. Desarrollo	
4. Conclusiones generales	
14. Educación ambiental no formal en bosques urbanos: un aula verde en la ciudad. <i>María Laura Perasso y Diana Perazzolo</i>	363
1. Introducción	
2. Estrategias propuestas	
3. Actividades	
4. Conclusiones e implicancias	
15. La enseñanza de la diversidad de hongos: una propuesta para la recuperación, integración y articulación de contenidos. <i>Carlos Urcelay, Silvana Longo, Alejandra Becerra, Claudia Daga, Eduardo Nouhra, Graciela Daniele y Laura Domínguez</i>	377
1. Introducción	
2. Fundamentos de la propuesta: ¿qué entendemos por innovación?	
3. Propuesta	
4. Desarrollo y seguimiento de la propuesta	

Una introducción al reto que representa la enseñanza de la biodiversidad hoy

Este texto trata el tema de la biodiversidad y su enseñanza, y tiene como propósito elaborar una propuesta académica interdisciplinar que permita ofrecer una visión integral y novedosa del mismo. Abordar la noción de *diversidad biológica* y construir su *conocimiento didáctico* lleva a pensar en un análisis desde múltiples aristas, no solo por estar en desarrollo permanente su campo conceptual y empírico, sino también por las diferentes miradas que atesora y los variados alcances educativos para su tratamiento en las aulas.

Entendemos que el público receptor (profesores de ciencias biológicas) posee conocimientos previos de Biología, Ecología y Didáctica, recogidos en su experiencia profesional y en su formación inicial, a veces de manera desligada uno del otro. Ante este diagnóstico surge la necesidad de presentar una visión integrada y a la vez actualizada de la biodiversidad, que permita al profesor realizar transferencias apropiadas a situaciones específicas. Por ello consideramos que una adecuada *transposición didáctica* implica adaptar los distintos conocimientos a los contextos en los que pueden ser útiles, explicitando relaciones, procesos y experiencias de campo, así como ejemplificando y respetando las problemáticas que le dieron origen, personalidad e historia a lo que se cuenta. Pretendemos dar una visión integral del currículo, evitando la presentación de un conjunto de capítulos inconexos, y ofrecer saberes científicos, tanto eco-biológicos como didácticos, cercanos a las necesidades e intereses de los profesores de Biología de Córdoba, recuperando referentes de su contexto geográfico.

Desde una perspectiva *constructivista* es sabido que el conocimiento surge como respuesta a preguntas que lo hacen *funcional*, lo vuelven útil para responder a interrogantes cotidianos y académicos. Creemos que devolverle a la temática de biodiversidad este carácter funcional implica cuestionarlo, buscar en él ausencias, extrañeces, adecuaciones, complejidades, etc. En otras palabras, darle un *sentido* tanto para ser enseñado como para ser aprendido. Cuando ello no ocurre, los contenidos se vuelven verdaderos *monumentos*, es decir, conocimientos estan-

cos que justifican la necesidad de su estudio en un “porque sí”. En una enseñanza de este tipo las preguntas son sustituidas sistemáticamente por respuestas *desatadas* de su razón de ser, de su *porqué* y *para qué*. Es por ello que decidimos recuperar la forma en que se construye un saber haciendo que este libro siga una estructura problematizada, en donde cada capítulo está escrito en función de preguntas. A su vez, cada uno de los capítulos posee segmentos específicos en los que se recomiendan lecturas y el acceso a sitios web, así como una propuesta de auto-evaluación, que tiene como objetivo la reflexión al finalizar el apartado.

Además, reconociendo las distintas fuentes de conocimiento, hemos organizado el texto en cuatro secciones: “*Ecológica*”, “*Otras ciencias*”, “*Didáctica*” y “*Propuestas para el aula*”. En la primera de ellas, (“*Ecológica*”, capítulos 1 al 6), se presentan aspectos que reflejan sus conceptualizaciones actuales, enfoques y metodologías de trabajo brindando elementos de su *epistemología*; es decir, de su dimensión teórica (semántica) y de los procesos desde los cuales ella se construye (dimensión sintáctica). Se parte de la noción de biodiversidad planteada en la Convención sobre la Diversidad Biológica¹ y se pretende resignificar su sentido, relacionándolo con nuevos enfoques y ampliándolo desde nuevas investigaciones en distintos campos. Por esta razón, se conceptualiza la biodiversidad y se trabaja principalmente con los componentes ecosistémico, genético y específico. En relación con éste último, se ha realizado un “recorte” de la diversidad de especies sólo a dos grupos: a los vertebrados y a las plantas con flores. Somos conscientes de que un tratamiento más completo de la diversidad biológica requeriría actualizar nuestros conocimientos sobre hongos, protistas, bacterias, arqueobacterias, y muchos otros animales y plantas que los tratados en el presente texto. Sin embargo, las plantas con flores y los vertebrados son especies conspicuas con las que alumnos y docentes se relacionan estrechamente, por lo que la descripción taxonómica de este segmento de la riqueza de Córdoba fue pensada para dar el marco disciplinar a su estudio didáctico.

¹ Firmada en Río de Janeiro en 1992, define la biodiversidad como aquella constituida por todos los organismos terrestres y acuáticos (incluyendo los animales, las plantas y los microbios) a todas las escalas; es decir, desde la diversidad genética dentro de las poblaciones, a la diversidad de especies, a la diversidad de comunidades a lo largo de los paisajes.

En la sección “*Otras ciencias*” (capítulos 7 y 8) se amplía la visión sobre diferentes abordajes de la diversidad biológica desde espacios relacionados con las ciencias sociales y humanas, de forma que el profesor pueda percibir otros alcances de la problemática. En este sentido, se presentan los enfoques de la *etnobiología*, con su aporte desde la diversidad cultural, y de la *bioética* para la conservación de la biodiversidad.

En la sección “*Didáctica*” (capítulos 9 a 12), por su parte, se reflexiona sobre los problemas de la mediación que hacen los docentes de Biología al enseñar ciertos aspectos de la diversidad biológica, tanto como los desafíos que ello conlleva a su formación y ejercicio profesional. A su vez, se delimitan aspectos *curriculares* asociados a la transposición didáctica, y se revisan y estudian las representaciones de la biodiversidad relacionadas con plantas y animales.

Por último, en la sección “*Propuestas para el aula*” (capítulos 13 a 15) se presentan estrategias de enseñanza y aprendizaje de la biodiversidad que han sido puestas en práctica y evaluadas positivamente en instituciones de diferentes niveles educativos y modalidades. Las mismas representan, con mayor o menor desarrollo, *situaciones de referencia* en donde se pone en juego el objeto de estudio que nos reúne en esta ocasión. También es de destacar que las propuestas de esta sección cubren tres niveles educativos (universitario, secundario –principalmente- y primario) y presentan actividades para la educación formal y no-formal, esta última desarrollada en contextos no institucionalizados.

Es importante reconocer que en el planteo de este texto se han recuperado dos *hilos* o *filamentos* de análisis. Uno relacionado con el contenido de *biodiversidad* visto desde la Ecología y otras ciencias, y otro, relacionado con su *didáctica* y *formas de enseñanza*. A ello resta el aporte que el profesor pueda hacer al enseñar este tema, como por ejemplo la adecuación a los *contextos sociales y lingüísticos* de sus clases. Aquí se plantea el *reto* de *hablar las ciencias*, lo que no sólo implica adquirir un léxico particular sino que requiere incorporar en el leguaje las formas correctas de conceptualización, generando una forma particular de trabajar y expresar el contenido en el aula. Por lo anterior, y recuperando la estructura problematizada del libro, cada capítulo ofrece sugerencias para enseñar sobre las distintas temáticas abordadas. Así, los tres filamentos (*biológico, educativo, comunicativo-didáctico*) son necesarios de entrelazar si pensamos en los estudiantes y en nuestra

meta de contribuir a la formación de docentes de Biología que se desempeñan en la escuela secundaria y en institutos para la formación docente.

Recuperando las características del contenido, la *biodiversidad* es un constructo *complejo* pues enseñarlo, explicarlo y analizarlo hace necesario sacar a la luz múltiples aspectos e intrincadas relaciones entre elementos y procesos, en un momento dado y a lo largo del tiempo, a nivel micro y macroscópico, y tanto desde enfoques locales como globales. Las conceptualizaciones para este tema surgen, se desarrollan y evolucionan en el marco de lo que podríamos llamar un *sistema complejo* compuesto de partes interrelacionadas que poseen propiedades y comportamientos imposibles de comprender de manera aislada o individual. Además, en este y otros campos, el desarrollo de la investigación biológica, así como el de su enseñanza han superado las características de una *ciencia empírica positiva* con metodologías tradicionales. Hoy nos ubicamos en un posicionamiento más relativo y constructivista, fuertemente ligado a las ciencias sociales, que integra aspectos económicos, geográficos y políticos, entre otros. De hecho, como se puede deducir de las diferentes presentaciones en este libro, es cuestionable la separación de la diversidad *biológica* de la *cultural*.

Desde la perspectiva anterior, proponemos al lector *miradas cruzadas* entre diversidad biológica, diversidad de ambientes, diversidad de acciones humanas, diversidad cultural, diversidad de representaciones y diversidad de propuestas educativas, etc. Así, emergen del texto términos biológicos como “nativo”, “exótico”, “saberes locales”, “acción antrópica”, “conservación”, “protección”, “componente”, “atributo”, etc. Asimismo, desde lo didáctico surgen palabras como: “representaciones”, “mitos”, “creencias”, “obstáculos”, “ceguera”, entre otras. Sin embargo, detrás de las líneas de este libro puede leerse la intencionalidad de dar un enfoque múltiple a la noción de biodiversidad, y de remarcar la acción del hombre y su influencia en la calidad de vida.

Desde esta última arista de análisis nos propusimos presentar un *posicionamiento didáctico* crítico, problematizador y flexible respecto a la enseñanza de la Biología. Por ello, creemos necesario que para el tratamiento del tema biodiversidad se abran *cuestionamientos* asociados a lo que existe en el ambiente, lo que permanece, lo que cambia y, prospectivamente, lo que podría suceder si el hombre tomara algu-

nas decisiones. Se instalan en esta polémica los sistemas *educativos*, *científicos* y *productivos* como *mediadores* culturales fundamentales. El primero de ellos, desde las transposiciones que promueve la escuela, formando en valores y promoviendo el desarrollo de acciones de un ciudadano alfabetizado científica y tecnológicamente. Por su parte, los sistemas *científicos* y *productivos*, mediando a través del establecimiento de prioridades en las fuentes de financiamiento y en las líneas de trabajo, dando respuesta a necesidades de la sociedad, divulgando sus resultados, etc. Recuperando una meta educativa fundamental, sostenemos como muchos que la enseñanza de las ciencias en la escolaridad obligatoria es necesaria para la formación de *todas las personas*, y que ya no tiene un fin propedéutico, de selección de estudiantes para los estudios universitarios. En este sentido, el *anclaje social* que tiene la biodiversidad como concepto, y a su amenaza y pérdida como problemática, permite que la amplia mayoría de las personas reconozcamos distintos grados de relación con ella y valoremos los bienes y servicios que nos provee.

Por todo lo anterior, los capítulos de este libro desarrollan las siguientes temáticas:

Sección Ecológica:

El **capítulo 1** explica el significado de la biodiversidad y su importancia para el sostenimiento de la vida en el planeta, su origen a través de distintos filtros que operan a distintas escalas de organización y los componentes que la forman. También se señala cómo se aborda el estudio de la diversidad biológica y las estrategias para su manejo y conservación a nivel mundial y en Argentina.

El **capítulo 2** aporta elementos más epistemológicos sobre la construcción y estudio del significado de biodiversidad, según los atributos estructural, composicional y funcional. Ya que el eje del capítulo se encuentra en los ecosistemas, se los define conceptualmente según las formas en que pueden ser estudiados. Luego se describen los ecosistemas naturales de la provincia Córdoba y se analizan factores que los perturban (directos e indirectos) y las valoraciones (económicas e intrínsecas) para su conservación.

El *capítulo 3* pone énfasis en la diversidad a escala genética intraespecífica, destacando los beneficios que tiene y ha tenido la misma para el ser humano. A su vez, se hace referencia a las metodologías más empleadas para la detección de la variabilidad a través del polimorfismo. Para ello se conceptualiza a la población como unidad sobre la que actúa la evolución a través de procesos como la selección natural y la deriva génica, destacando que tal unidad no sólo refiere a las poblaciones humanas.

El *capítulo 4* revela los factores que influyen en la distribución de las especies, introduciendo las nociones de dispersalimo y vicarianza, para luego listar las especies de plantas con flores según las provincias biogeográficas presentes en Córdoba. Luego se reflexiona sobre clasificaciones de plantas que señalan como yuyos o malezas a determinadas especies y se describen las relaciones entre diversidad vegetal y perturbaciones ecosistémicas. A su vez, se indaga sobre la diversidad florística en hábitats específicos como el patio escolar, y se recopilan creencias sobre plantas, que se ponen de manifiesto en leyendas.

El *capítulo 5* narra los procesos por los que las plantas exóticas pueden naturalizarse y convertirse en invasoras, en detrimento de las especies y ecosistemas nativos. El ámbito geográfico de discusión particular es el de la provincia de Córdoba, en donde el desmonte y la urbanización han condicionado la distribución de la vegetación tanto como su identidad, funcionalidad y capacidad de recuperación. Asimismo, se plantean estrategias de manejo de especies exóticas a lo largo del proceso de invasión, invitando a pensar en medidas preventivas.

El *capítulo 6* recopila las especies de vertebrados existentes en la provincia de Córdoba según su clasificación taxonómica y explica su distribución en las ecorregiones del territorio provincial. A su vez, realiza agrupamientos en función de las adaptaciones morfológicas, comportamentales y del hábitat que utilizan en dichos ambientes. Luego se describen las especies exóticas de vertebrados que se encuentran en Córdoba y se narran las causas de su existencia y estatus. También se detalla la influencia de las distintas acciones del hombre en los ecosistemas y especies particulares, y se recuperan mitos y creencias arraigadas que, en algunos casos, contradicen la evidencia biológica.

Sección *Otras ciencias*

El *capítulo 7* analiza desde el marco cultural la noción de biodiversidad, los seres vivos y su entorno, comparando lo que se describe como conocimiento ecológico tradicional con el conocimiento científico occidental. Desde la perspectiva de la etnobotánica establece la interdependencia entre diversidad biológica y cultural, y propone la recuperación de los saberes locales en el marco del tratamiento de las problemáticas de conservación y uso sustentable de la biodiversidad.

El *capítulo 8* plantea un tema transversal a los aportes anteriores, presentando el posicionamiento ético que requiere abordar las múltiples aristas de la diversidad biológica desde una reflexión crítica y argumentativa. Orienta al lector al análisis del concepto de bioética, su incidencia en la temática del libro y su lectura en los discursos públicos sobre la biodiversidad y su conservación. Desde el enfoque propuesto, también sugiere los procesos de deliberación y problematización para un tratamiento educativo del tema.

Sección *Didáctica*

El *capítulo 9* presenta los desafíos que enfrenta el profesor de Biología en la actualidad. Analiza desde una didáctica reflexiva y crítica la diferencia entre enseñar ecología y realizar educación ambiental, así como enseñar desde el paradigma de la complejidad, promoviendo la alfabetización científica. El texto señala la necesidad de generar un conocimiento didáctico especial para la temática particular de este libro.

El *capítulo 10* analiza la trasposición didáctica de la conceptualización de la diversidad biológica en los diseños jurisdiccionales de las provincias de Córdoba y Buenos Aires y en libros de textos de la escuela secundaria. Para ello, brinda elementos conceptuales y metodológicos para la investigación didáctica con manuales escolares. A su vez, pone en evidencia cómo el concepto de biodiversidad se asocia -o no- con los componentes genético, específico y ecosistémico, así como la influencia de aspectos socio-históricos. Por último, propone la organización de la enseñanza de la biodiversidad como una progresión en niveles de complejidad crecientes.

El *capítulo 11* tiene como propósito describir algunos de los principales obstáculos del conocimiento cotidiano que influyen en la enseñanza y aprendizaje de la diversidad vegetal y en la consideración del estatus de las especies (nativo, exótico, invasor). En este sentido, profundiza sobre ciertos fenómenos como el de la “ceguera hacia las plantas”, que refiere a la incapacidad de tomar conciencia de ellas. A su vez, se recopila información sobre los efectos emocionales inmediatos y a largo plazo de la percepción de las flores de algunas especies. Desde esta perspectiva, se presenta un estudio realizado en la provincia de Córdoba sobre el conocimiento de alumnos de escuela secundaria sobre plantas nativas.

El *capítulo 12* describe algunos de los principales factores que influyen en la percepción de la biodiversidad por las personas, como son los socio-culturales (conocimiento ecológico tradicional, género, etc.) y bio-geográficos. A su vez se recuperan ciertas creencias y mitos en relación a las preferencias y diferentes actitudes que tenemos las personas hacia algunos animales en detrimento de otros. Luego se describen los resultados de una investigación realizada en la provincia de Córdoba sobre el conocimiento de animales nativos por estudiantes del ciclo orientado de la escuela secundaria. El dato sobre sus las especies que listan los alumnos es utilizado para identificar los conocimientos locales y las preferencias, asociadas al gusto. Estos resultados, junto a los de los capítulos anteriores, contribuyen a brindar elementos diagnósticos que puedan servir de sustento a nuevas propuestas educativas sobre la temática de este libro.

Sección *Propuestas para el aula*

El *capítulo 13* presenta una propuesta didáctica para trabajar en el jardín de la escuela, considerado como un ecosistema donde los organismos que viven en él establecen interacciones que pueden ser estudiadas. La experiencia fue probada en Mendoza, con alumnos de secundaria, y consta del análisis de dos microhábitats (suelo y follaje) y la reconstrucción de las redes tróficas del jardín, identificando qué especies, nativas o exóticas, cumplen los roles de productor, consumidor y descomponedor.

El *capítulo 14* propone el trabajo desde la educación ambiental para un contexto no formal. Se enfatiza la importancia de la exploración del entorno local con base en la vinculación íntima y profunda con la naturaleza a través de lo sensorial y el disfrute estético. Se elabora desde un trabajo interinstitucional entre la universidad y la escuela primaria, y se concreta en un fragmento de bosque nativo, perteneciente al Jardín Botánico Gaspar Xuárez sj, ubicado en la periferia urbana de la ciudad de Córdoba.

Finalmente, el *capítulo 15* plasma una propuesta educativa para el nivel universitario, en la formación inicial del profesorado en ciencias biológicas, referida a diversidad de hongos. Se explica la realización de un trabajo de campo donde los alumnos colectaron cuerpos de fructificación de hongos en bosques nativos y exóticos (estos últimos con pinos invasores de las serranías de Córdoba). Con posterioridad se procedió a su identificación en el laboratorio y a la integración con las nociones teóricas. Da muestra ejemplificadora de una estrategia didáctica y un tema factible de abordar en profesorados y escuela con la estrategia denominada *trabajo o salida de campo*.

Por otro lado, los editores de este libro estamos llevado a cabo investigaciones de innovaciones didácticas para el nivel secundario y universitario (en la formación de profesores de Biología), cuyos desarrollos no han sido incluidos en estas páginas. Ello se debe a que, en el presente, nos encontramos en fase de análisis y sistematización de los casos registrados. Las propuestas innovadoras que diseñamos incluyen actividades en el aula, juegos de simulaciones y tareas de campo que persiguen la superación de una conceptualización de la biodiversidad reducida al número de especies, el reconocimiento de especies exóticas como nativas de la provincia de Córdoba², y el centrismo en la exposición por parte del docente. En un próximo libro podremos compartir con ustedes los resultados y registros de nuestras implementaciones³.

² Proyectos “Conociendo la diversidad vegetal y animal de Córdoba. Una aproximación a las invasiones biológicas, las especies nativas y los bienes y servicios ecosistémicos” (2014), “Biodiversidad en Córdoba: una aproximación a los componentes y atributos” (2013), financiados por FONCYT (subsidio PICT-2011-0977) y SECYT-UNC (subsidio a los proyectos “Reconocimiento de plantas y animales nativos por alumnos de escuela media de Córdoba: un estudio acerca de las concepciones sobre la diversidad biológica” y “Representaciones y dispositivos didácticos para una enseñanza innovadora de la diversidad biológica”).

³ Una versión preliminar fue publicada como comunicación en el XI Jornadas Na-

Por último, desde una analogía, podríamos pensar el tratamiento del tema de la biodiversidad en escuelas e institutos como un **tejido de telar en elaboración**. El mismo tiene como **urdimbre** el conocimiento biológico y el didáctico, que día a día integran hilos de diferentes perspectivas y nuevos niveles de análisis. Sobre ella se tejen **tramas** desde las múltiples lecturas, dándole a esta problemática diferentes alcances, enfoques, tratamientos didácticos y valoraciones, trayendo hilos de otras disciplinas y de conocimientos culturales. Visto de esta manera, consideramos que es fundamental el rol de la escuela ya que no solo activa y media esos conocimientos cotidianos y culturales, sino que debe además brindar conocimiento nuevo y promover el estudio del entramado que hemos presentado. *Algunos hilos ya han sido tejidos en este texto...*

Ana Lía De Longhi y Gonzalo M.A. Bermudez
Coordinadores

cionales y VI Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología (ADBIA), 9-11 de Octubre de 2014, General Roca, Argentina: Bermudez, G.M.A., García, L.P., García Capocasa, M.C. & Battistón, L.V. (2014). Enseñanza de la diversidad biológica con distintas estrategias didácticas. Su influencia en el aprendizaje y motivación de los estudiantes de escuela secundaria. Memorias. General Roca, Argentina: ADBIA. Extraído el 15 Diciembre, 2014, de <http://congresosadbja.com/ocs/index.php/roca2014/roca2014/paper/view/833>.

Capítulo 1. ¿Qué es la Diversidad Biológica? (y por qué nos importa, cómo se genera y cómo se mide)

Natalia Pérez-Harguindeguy, Lucas Enrico y Sandra M. Díaz

Universidad Nacional de Córdoba – Instituto Multidisciplinario de
Biología Vegetal (IMBIV), CONICET

Resumen

La diversidad biológica comprende a todas las formas de vida sobre la Tierra, considerando diferentes escalas (temporales y espaciales), su variedad, su heterogeneidad y las formas de organización de las que son parte. El ser humano ha modificado el 75 % de la superficie terrestre, alterando la distribución y abundancia de una enorme cantidad de especies, homogeneizando su distribución al transportarlas más allá de su área original e, incluso, llevando a la extinción local o total a muchas de ellas. ¿Qué consecuencias podrían tener esos cambios en la identidad, abundancia y distribución de las especies? En la actualidad, se considera que diversos componentes de la diversidad biológica influyen sobre las *propiedades de los ecosistemas*, y en consecuencia, los *beneficios* que los seres humanos derivan de ellos para sostener su bienestar. Es imprescindible entonces comprender estos componentes de la diversidad biológica y sus relaciones con el bienestar humano.

Conceptos clave: especies, *taxa*, abundancia, grupos funcionales, comunidades, funcionamiento ecosistémico, evolución.

Introducción

Hasta finales del siglo XX los términos *diversidad biológica* o *biodiversidad* eran utilizados casi con exclusividad por científicos o naturalistas. Sin embargo, en los últimos años la importancia de la *biodiversidad* se ha vuelto más tangible y con implicancias prácticas bien reconocibles para la sociedad en general. Como consecuencia de esto, el ámbito de aplicación de los conceptos relacionados con la biodiver-

sidad se ha ampliado. En el pasado, la preocupación por la pérdida de especies (como las plantas, los animales, los hongos, los microorganismos, etc.) se basaba fundamentalmente en sus valores intrínsecos o en criterios éticos. En la actualidad estos valores siguen siendo importantes, pero además se considera que tanto la identidad de las especies, como su abundancia, sus interacciones, y las interacciones de éstas con el medio biótico, son un componente fundamental de las *propiedades de los ecosistemas*, y en consecuencia, de los *beneficios* que los seres humanos derivan de ellos para sostener su bienestar (Díaz et al., 2015; Martín-López, González, Díaz, Castro & García-Llorente, 2007; Millennium Ecosystem Assessment [MEA], 2005).

1. ¿Qué es la biodiversidad?

Biodiversidad es la forma sintética de denominar a la *diversidad biológica*. Es un término que se utiliza para referirse a todas las formas de vida en la Tierra, su identidad, su variedad, su heterogeneidad e incluso sus interacciones, así como las formas de organización de las que forman parte (por ejemplo, poblaciones o comunidades), descritas a diferentes escalas. Es importante destacar esto último, ya que el término biodiversidad no refiere sólo al número de especies presentes en un lugar puntual, sino también a escala regional (por ejemplo, en el bosque chaqueño) o a escala global (en todo el planeta). Cuando se habla de biodiversidad no se hace referencia necesariamente a especies raras (como el tatú carreta, que es muy poco abundante) o emblemáticas (como el cóndor, el yaguararé, el alerce, o el panda), ni a ecosistemas particularmente productivos o particularmente complejos (como un arrecife de coral o una selva tropical). Cuando se habla de biodiversidad se habla de todos los organismos, desde los más pequeños hasta los más grandes, se considera su variabilidad a niveles genéticos (por ejemplo, la variabilidad intraespecífica, o sea entre poblaciones dentro de una misma especie) y ecológicos (por ejemplo la variabilidad entre especies y entre comunidades). En algunas de sus acepciones más amplias, se incluye también a los ecosistemas; es decir, al conjunto de seres vivos con el ambiente no vivo con el cual interactúan (como el agua y los minerales).

El término *biodiversidad* ha adquirido en las dos últimas décadas un significado más amplio y metafórico, ya que su empleo y sus definiciones han trascendido los ámbitos técnicos para integrarse profundamente en las discusiones socio-políticas y culturales (Díaz et al., 2015). Esto se debió en una primera instancia a la preocupación por la ola de extinciones (es decir, la desaparición de especies, ya sea a escala local o en todo el planeta) asociadas a las actividades humanas de los últimos siglos (Chapin et al., 2000). El término cobró más relevancia aún al acumularse evidencias de que gran parte de los beneficios (incluyendo *bienes y servicios*) que los seres humanos obtienen de los ecosistemas, dependen de la *presencia, abundancia e interacciones* de los seres vivos que componen los ecosistemas (Díaz et al.; MEA, 2005).

Las *definiciones de biodiversidad* han cambiado y se han ramificado de acuerdo con estos nuevos contextos. Por ejemplo, una definición estrictamente biológica de los años '70 era simplemente “el número total de especies sopesado por sus abundancias relativas” (Krebs, 1972). Ya en 1982 la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) definió que la diversidad biológica es la variedad de formas de vida a todos los niveles de los sistemas biológicos (molecular, orgánico, poblacional, específico y ecosistémico). En 1992, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) de las Naciones Unidas, conceptualizó a la Diversidad Biológica como “la variabilidad de los organismos vivos a todos los niveles, incluyendo, entre otros, ecosistemas terrestres, marinos y otros sistemas acuáticos, los complejos ecológicos de los que forman parte; incluyendo la diversidad de especies, entre especies y de los ecosistemas”. En 2015, la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES, por su sigla en inglés; <http://www.ipbes.net/>) retoma la definición propuesta por el CDB pero, si bien se habla de cambios a la escala espacial de ecosistemas, pone énfasis en la variabilidad de los organismos vivos. Así, IPBES define a la *biodiversidad* como:

la variabilidad de los organismos vivos a todos los niveles, incluyendo, entre otros, ecosistemas terrestres, marinos y otros sistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte. Esto incluye variación en las características genéticas, fenotípicas, filogenéticas y funcionales, como así también cambios en abundancia y distribución en el tiempo y el espacio dentro y entre especies, comunidades biológicas y ecosistemas. (Díaz et al., 2015, p. 12)

Como bien notará el lector, en todas estas definiciones se pone énfasis en la multidimensionalidad de la biodiversidad y en el hecho de que abarca diferentes escalas y niveles de organización. Tratando de dejar de lado los aspectos técnicos, una definición intuitiva e inclusiva de biodiversidad sería *la trama de la vida sobre la Tierra*.

Es importante destacar otra definición, relacionada a la de biodiversidad, que fue acuñada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): la *agrobiodiversidad*. La misma comprende a:

la variedad y variabilidad de animales, plantas y microorganismos que son usados directa o indirectamente para alimentación y agricultura (incluyendo cultivos, ganado, forestaciones y pesquerías), teniendo en cuenta tanto la diversidad genética como a nivel de especies y variedades naturales o generadas por el ser humano a lo largo de miles de años de selección. (FAO, 1999, p. 5)

Este concepto incluye la diversidad de especies que no son directamente utilizadas en la agricultura pero que son fundamentales para sostener la producción, tales como los microorganismos del suelo, los predadores, los polinizadores, entre otros (FAO, 1999). El concepto de *agrobiodiversidad* es muy importante ya que tanto la existencia de las especies utilizadas para la alimentación como la propia seguridad alimentaria de la humanidad (la sustentabilidad en la provisión de esos alimentos), dependen del manejo de los recursos biológicos que sostienen la producción de alimentos. Este concepto resalta el papel de las sociedades humanas no sólo como destructoras de la biodiversidad, sino también como creadoras de la misma. Un ejemplo de esto último es la selección realizada sobre el maíz por las culturas originarias de la actual Latinoamérica, que llevó a que hoy existan más de trescientas variedades que se utilizan en distintas condiciones de cultivo.

2. ¿Por qué nos importa la biodiversidad?

Tal como mencionamos en la pregunta anterior, se considera que gran parte de los beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas dependen de la presencia, abundancia e interacciones de los

seres vivos que los componen (Díaz et al., 2015; MEA, 2005). Cuando se habla de beneficios ecosistémicos se incluyen aquellos productos de los ecosistemas, y de la interacción de los seres vivos que forman parte de ellos, relacionados con: la provisión de agua y alimentos, el control del clima y de las enfermedades, la generación de la fertilidad, así como el valor espiritual, recreacional o estético (Díaz et al.; MEA). El CDB ha determinado que al menos el 40 % de la economía mundial y el 80 % de las necesidades de los ciudadanos más pobres dependen de los recursos biológicos. No obstante, debe considerarse que aun existen especies por ser descubiertas, o especies conocidas pero con propiedades medicinales, alimenticias u otras, que aun no han sido descritas. En este contexto, cuanto mayor sea la riqueza de especies y formas de vida coexistiendo en nuestro planeta, mayores serán las posibilidades y oportunidades de realizar descubrimientos médicos, desarrollos tecnológicos y/o económicos en base a las mismas que permitan, entre otros beneficios, responder a los desafíos que plantea el cambio ambiental global.

Aún resta mucho por investigar sobre las complejas relaciones que regulan el funcionamiento ecosistémico y cuan crítico es el rol de algunas especies comparadas con otras. Sin embargo, existen contundentes evidencias de que cuando en un ecosistema se altera la identidad y abundancia (y por lo tanto las características) de las especies que lo habitan, puede verse afectado su funcionamiento y como resultado de ello los beneficios ecosistémicos obtenidos por el ser humano (MEA, 2005). Con respecto a la abundancia, es claro cómo una cantidad diferente de biomasa vegetal de un pastizal o un matorral liberará, en comparación con un bosque, una cantidad diferente de oxígeno a la atmósfera, o secuestrará una cantidad diferente de dióxido de carbono. Estas diferencias se verán reflejadas no sólo en la circulación atmosférica de gases sino también en el clima regional y global. Con respecto a la identidad, distintas especies pueden producir diferente cantidad y tipos de alimentos, medicinas, forraje, combustible, etc. De esta manera, la combinación *identidad x abundancia* de las especies determinará qué tipo de beneficios se obtienen de un ecosistema, en qué cantidad y en qué momento.

Además de los beneficios que son más directos o evidentes, porque tienen que ver con elementos que consumimos directamente, existen otros beneficios que recibimos y que no son tan fáciles de identificar a

simple vista. Es el caso de un beneficio que se deriva del tipo y cobertura de la biota, tal es el caso de la protección de los suelos contra la erosión. Ésta, en combinación con las características físicas propias de los suelos, determinará la capacidad de retener y filtrar agua de éstos. Por otro lado, debe considerarse que la presencia de ciertos animales (en particular insectos, aves e incluso murciélagos) es fundamental para la polinización de la gran mayoría de las especies vegetales que son parte de la alimentación humana. Muchos otros organismos (animales e incluso hongos, virus y bacterias) son de gran importancia para el control de plagas que atacan a los cultivos de plantas y a los criaderos de animales. Pero no sólo los enemigos “visibles” pueden ser controlados por la biota. Por ejemplo, muchas plantas actúan también como filtros naturales que remueven los tóxicos del agua o de la tierra, mientras que muchas bacterias se utilizan como transformadoras de sustancias contaminantes en compuestos inocuos.

Finalmente, además de los beneficios que consumimos, respiramos o utilizamos directamente de los ecosistemas, existen otros que tienen que ver con los sentimientos que nos producen diferentes especies o diferentes paisajes. Muchas especies animales y vegetales son parte importante del folclore y de las tradiciones de muchas culturas (por ejemplo árboles como el ceibo o el algarrobo en Argentina). Otras especies tienen valor porque representan la identidad nacional, como la simple hoja de trébol para los irlandeses o la flor del cardo silvestre para los escoceses. En algunas ocasiones es la diversidad de colores y formas, producto de la riqueza de especies, la que genera un goce estético y por lo tanto tiene valor recreativo (por ejemplo la gran diversidad de flores en el desierto de Atacama en Chile, o en los pastizales del Mediterráneo). En otras ocasiones, la sola existencia de algunas especies particularmente emblemáticas o carismáticas es importante para el ser humano. Entre ellas, suelen encontrarse especies de mamíferos con los cuales el ser humano tiene mayor afinidad, como por ejemplo los osos panda de China, los canguros en Australia, los felinos de África y América, o aves como el cóndor en Argentina y Chile.

3. ¿Cómo se origina la biodiversidad?

Desde la época de Aristóteles, y posiblemente antes también, el ser humano se cuestionó por qué las especies estaban en determinados lugares y no en otros, por qué algunas eran similares y otras muy diferentes entre sí, y qué factores regulaban su éxito y su abundancia, o su extinción (Lomolino, Riddle, Whittaker & Brown, 2010). El registro fósil muestra que en determinadas épocas de la historia de la Tierra muchos grupos de organismos desaparecen. Por ejemplo en el límite Pérmico-Triásico se extinguió el 50 % de los vertebrados existentes y el 90 % de la biota marina (Sánchez, 2006). En otros periodos se observa la aparición de nuevas formas de vida y una gran diversificación dentro de algunas de ellas. Por ejemplo, posteriormente a la extinción de los dinosaurios en el límite Mesozoico-Cenozoico, un grupo de mamíferos, los euterios (y dentro de ellos los placentarios y los marsupiales), se diversificaron extraordinariamente, ocupando casi todos los espacios ecológicos antes ocupados por dinosaurios y mamíferos primitivos (Sánchez). En una escala de tiempo menor, en ambientes aislados, a partir de sólo unos pocos individuos que llegan al lugar (migrantes), aparecen numerosas especies (e incluso *taxa* superiores como géneros) con características especializadas tanto morfológicamente como en su comportamiento. Ejemplos paradigmáticos de esto son los pinzones de las islas Galápagos (dieciséis especies especializadas para diferentes tipos de alimentación), los lemures de Madagascar (quince géneros especializados en distintos tipos de alimentación y hábitats), y los peces cíclidos en los lagos de África (sólo en el lago Malawi hay más de mil especies diferentes).

Sabemos que los distintos *taxa* se originan a través del tiempo y el espacio como producto de la combinación de mecanismos denominados de micro y macro evolución (Cuadro 1). Los organismos, como entidades en evolución, poseen ciertas características propias. A veces, alguna característica común (*homología*) que hace que un grupo de especies emparentadas (*linajes*) sea diferente de otro grupo, representa además una solución innovadora a un problema que limitaba la supervivencia o la reproducción, la aptitud o el desempeño de ese grupo. Por ejemplo, la aparición de la lignina como componente fundamental de los troncos de los árboles (en el período Silúrico, 444-416 millones de años atrás) no sólo favoreció su sostén, sino que también disminuyó el

ataque de bacterias sobre esos tejidos vegetales y así fue fundamental en el éxito de la colonización de los ambientes terrestres (Sánchez, 2006). A veces, la característica puede aparecer de manera independiente, en especies no emparentadas, como producto de desafíos ambientales similares: por ejemplo, la aparición de alas en aves, mamíferos e insectos (las características similares en grupos o especies no emparentadas se denominan *homoplasia, analogía o convergencia*). Como resultado del éxito, o no, de estas características, a lo largo del tiempo, los linajes pueden diversificarse (dar lugar a nuevos géneros y especies), aumentar su abundancia y expandir sus áreas de distribución (Cuadro 1). Por ejemplo, la diversificación de los mamíferos con placenta en el Cenozoico se debió no sólo a la extinción de los dinosaurios y otros mamíferos no placentarios, sino precisamente a la aparición de este sistema (placenta) de protección del embrión en desarrollo. Estos triunfos evolutivos o adaptativos son, en tiempo geológico, efímeros. A lo largo de la historia de la vida en la Tierra, los organismos han pasado por numerosos ciclos de *especiación y extinción* asociados a cambios climáticos y geológicos que han forjado la biota actual (Sánchez). Entender los mecanismos que regulan estos ciclos es fundamental para poder predecir procesos de especiación, diversificación, expansión, retracción y extinción, y también para entender sus consecuencias para otros organismos y para las propiedades ecosistémicas.

Numerosos autores acuerdan que la identidad y la abundancia de las especies en un sistema (componentes fundamentales de la biodiversidad), además de ser el resultado de la historia evolutiva de la biota y del territorio geográfico en sí mismo, encarna la acción de diversos factores bióticos y abióticos que determinan la supervivencia y el éxito de unos organismos sobre otros (Weiher & Keddy, 1999). Así, del conjunto de todas las especies que potencialmente pueden llegar a un sistema (la llamada *biota potencial*; que depende de la historia particular de un territorio geográfico y de la capacidad de dispersión de dichas especies) sólo algunas logran sobrevivir, establecerse y reproducirse bajo las condiciones climáticas (cantidad y distribución de la lluvia, temperaturas medias, presencia de heladas, etc.) de ese lugar (Figura 1). Por ejemplo, ambientes en los que frecuentemente ocurren heladas seleccionarán plantas que puedan resistirlas con sus hojas verdes, o bien evitarlas perdiendo sus hojas o guardando sus bulbos o semillas

bajo la tierra durante el invierno. De esa manera, el clima constituye el primer *filtro* a la supervivencia y éxito de las especies a escala regional (Figura 1).

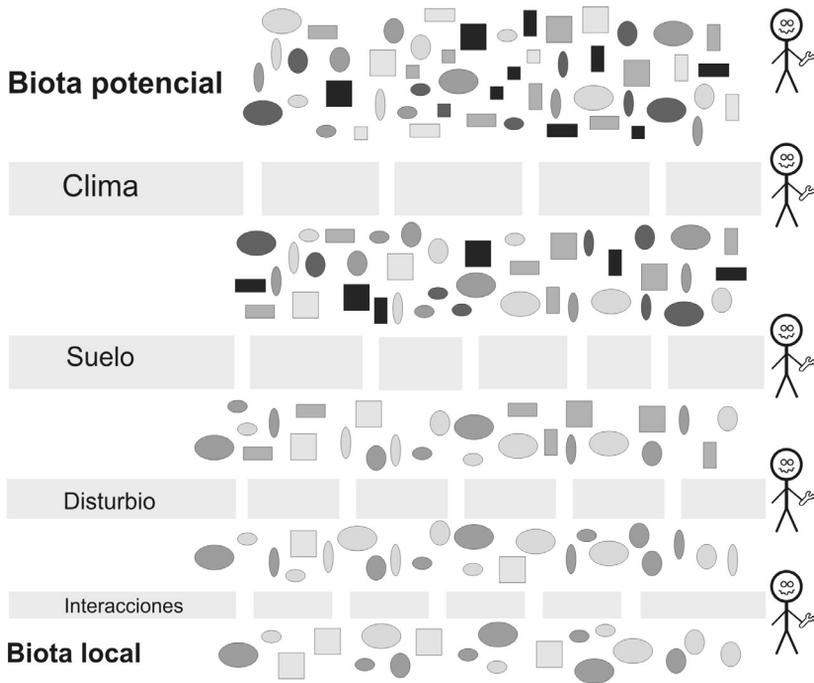


Figura 1. Filtros (barras horizontales) que actúan en orden jerárquico (en algunos casos a escalas espaciales decrecientes) determinando la supervivencia y la abundancia de las especies en un ecosistema determinado. Los símbolos de distintas formas y colores representan individuos de diferentes especies o fenotipos (que poseerán características diferentes sobre las que actuarán los filtros). El ser humano, con sus actividades, puede afectar tanto a la biota potencial (por ser un agente dispersor activo) como a todos los otros filtros ambientales (figura modificada de Díaz, Cabido & Casanoves, 1999).

Luego, del total las especies que podrían sobrevivir exitosamente en esas condiciones climáticas, sólo algunas podrán desarrollarse sin problemas en el suelo de ese lugar; por ejemplo, hay plantas que requieren suelos ácidos, por lo que no prosperan en los ambientes del bosque chaqueño que tienen suelos neutros. Del mismo modo, sólo algunas podrán acomodarse al régimen de disturbio predominante del lugar. Por ejemplo, en ambientes que presentan fuegos frecuentes, sólo plantas con capacidad de rebrotar desde las raíces o con corteza gruesa que protege el tronco, o los animales con capacidad de moverse rápidamente o enterrarse profundamente en el suelo podrán sobrevivir. Finalmente, de todas las especies que toleran el clima y las condiciones de suelo y disturbio natural de un sitio, sólo algunas podrán interactuar exitosamente con los otros organismos residentes del lugar (Figura 1). Por lo tanto, la comunidad de organismos residentes, si existe, constituye un filtro a escala local a través de *interacciones biológicas* como competencia, predación, facilitación, etc. Por ejemplo, *Rattus rattus* y *Ratus norvegicus*, comúnmente llamadas rata marrón y rata noruega respectivamente, poseen requerimientos de hábitat y alimentación muy poco restrictivos, y gracias a su gran capacidad reproductiva y su asociación con las actividades humanas son dos de las especies más ampliamente distribuidas en el mundo. Sin embargo, pese a que la rata marrón se dispersó primero, desde su origen en Asia a casi todos los continentes, cuando la rata noruega llegó a los mismos lugares, la desplazó debido a que es una especie más agresiva. En la actualidad, la rata noruega es la más abundante en todos los continentes, con la excepción de algunas áreas tropicales en las cuales la rata marrón puede reproducirse mejor.

Tal como muestra el ejemplo que acabamos de mencionar, las actividades humanas pueden actuar como un filtro adicional seleccionando especies, poblaciones o características particulares en éstas últimas y promoviendo su abundancia en detrimento de otras. La especie humana puede actuar como un *agente dispersor* de gran magnitud haciendo que los propágulos o los adultos de un sinnúmero de especies puedan llegar a casi cualquier lugar del mundo, alterando así la biota potencial (Figura 1). Además, la especie humana tiene el potencial alterar todos los otros filtros ambientales (Figura 1). Por ejemplo, el incremento en la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera está produciendo un aumento global de temperatura (efecto invernadero) que

permite que algunas especies de plantas y animales, antes limitados por las bajas temperaturas, amplíen su distribución hacia los polos y las zonas altas de las montañas. Por otra parte, el uso masivo de fertilizantes minerales en la agricultura favorece a las plantas de crecimiento rápido, con capacidad de aprovechar rápidamente los nutrientes, en detrimento de otras de crecimiento más lento. Al mismo tiempo, la llegada de los fertilizantes a los cursos de agua a través de la escorrentía favorece el crecimiento excesivo de algas y produce mortandad de especies de plantas y animales que no toleran concentraciones muy bajas de oxígeno. Finalmente, y en particular en relación a la agricultura y la domesticación de animales, el ser humano puede crear nuevas especies y variedades por *selección artificial* que serán parte de la biota potencial de muchas áreas geográficas. Precisamente por este gran impacto de las actividades humanas, algunos autores han propuesto denominar al período histórico desde el inicio de la agricultura (o desde el inicio de la revolución industrial según otros) como *Antropoceno* (Crutzen & Stoermer, 2000).

La combinación de los procesos evolutivos (Cuadro 1) antes mencionados en el contexto de los filtros ambientales descritos en la Figura 1 resulta en los patrones de identidad, abundancia y características morfológicas y funcionales que encontramos en diferentes ambientes del planeta.

Cuadro 1. Evolución y radiaciones adaptativas.

Probablemente el primer mecanismo en el que pensamos para explicar la gran diversidad de organismos existentes en el planeta es la selección natural. Como se verá con más detalle en el capítulo 3, en cada generación de una especie determinada, se producen muchos más individuos de los que pueden sobrevivir. La mayoría de ellos no son idénticos, siendo sus diferencias sutiles en unos casos, y más importantes en otros. A veces son sólo diferencias externas o “visibles” (fenotipo), y otras veces implican, además, un cambio en el mensaje genético (genotipo) asociado a pequeñas mutaciones (cambios en el mensaje transmitido por los genes que se puede producir por varios mecanismos: inserción, inversión, transposición de

uno o más nucleótidos del ADN) o a cambios en el número cromosómico (poliploidía), que pueden ser heredados. Al mismo tiempo, en las especies con reproducción sexual los genes están siendo constantemente mezclados y reorganizados en cada generación, lo que acelera significativamente los cambios que se pueden dar sólo por mutación o cambios cromosómicos. Sobre estos organismos tan variados opera el ambiente, regulando la supervivencia, éxito reproductivo y abundancia de unos y otros (con características similares o diferentes; es decir, con valores de caracteres similares o diferentes) en el proceso que denominamos selección natural. En una escala temporal y espacial mayor, estos procesos no sólo implican cambios en las abundancias locales de los organismos, sino también extinciones o aparición de grupos con nuevas características.

Sin embargo, la selección natural no es el único mecanismo de diferenciación genética y evolución. En algunas ocasiones, un evento (por ejemplo un tornado, un huracán, una inundación o un incendio) hace desaparecer por azar a una parte importante de la población que a su vez puede portar características genéticas particulares (ver capítulo 3 para más información de este proceso). Como consecuencia, sobrevive al evento sólo una parte de la población original, reduciendo la variabilidad genética de la misma a la de los individuos sobrevivientes. Este mecanismo, denominado deriva génica, suele tener poco efecto en poblaciones grandes o en aquellas que están en contacto con otras poblaciones, pero puede llegar a tener un efecto significativo en la generación de cambios en poblaciones pequeñas o en aquellas muy aisladas. Precisamente, en contraposición a la fuerza de eventos de deriva génica opera otra fuerza denominada flujo génico, que es el movimiento de los individuos portadores de diferentes cargas genéticas a través del paisaje. Este movimiento constantemente homogeniza la estructura genética de la población.

En la actualidad se ha propuesto que hay otros mecanismos que pueden ser tan o más importantes que los hasta aquí descriptos. Por un lado, tanto en plantas como en animales, se ha observado que pueden aparecer nuevas especies por hibridación, que es el resultado del cruzamiento reproductivo exitoso entre dos especies preexistentes. Por otro lado, se ha encontrado que el proceso de aparición de nuevas especies por poliploidía (la variación drástica entre un antecesor y

su descendiente, en el número cromosómico y consecuentemente en su morfología), puede ser también más frecuente de lo que se creía anteriormente. Finalmente existe un último mecanismo de microevolución, que hasta hace poco no se consideraba podía dar lugar a cambios heredables: la llamada epigenesis biológica. Si bien las características de los organismos están fundamentalmente determinadas por la información que posee su código genético, la expresión de este código puede ser “ajustada” por influencia del ambiente durante el desarrollo del organismo. Dos de los ejemplos más comunes son el sistema nervioso, que puede desarrollar más o menos conexiones neuronales dependiendo del contexto ambiental y de cuan estimulado esté, y el sistema inmune que se desarrolla principalmente como respuesta a estímulos de sustancias externas (Jablonka & Lamb, 2005).

A mayor escala temporal y espacial no sólo aparecen nuevas especies en el registro fósil, sino y más importante aún, nuevos géneros, o incluso nuevos grupos taxonómicos superiores. Por eso se habla de que a esa escala existen mecanismos de macroevolución. El registro fósil muestra, frecuentemente, largos períodos sin cambio (de estasis) seguidos por períodos relativamente breves de cambios muy sustanciales en las características de los organismos que se observan, lo cual se denomina equilibrio puntuado o equilibrio interrumpido (Lomolino et al., 2010). Estos cambios suelen estar asociados a eventos de diversificación en los que nuevas especies, géneros y aún taxa superiores ocupan exitosamente nuevos hábitat (en muchos casos anteriormente ocupados por organismos que se extinguieron) y expanden sus áreas geográficas aumentando también su abundancia. Esta selección de especies o géneros puede estar asociada a eventos de cambios ambientales drásticos que repentinamente impiden la supervivencia de grupos taxonómicos enteros, por poseer determinadas características, y dan así lugar a otros grupos con características opuestas (como podría ser el caso de la extinción de los dinosaurios y la posterior diversificación de los mamíferos terios). Estos eventos ocurren también cuando un grupo llega a un ambiente nuevo en el cual existen muchos espacios ecológicos vacíos y queda aislado en ese ambiente; como ha sido el caso de los pinzones de las Galápagos o los lemures en Madagascar. La

diversificación ecológica y fenotípica de un linaje a partir de un ancestro único o común que incluye tanto procesos de especiación como adaptación fenotípica a ambientes o recursos nuevos y/o divergentes, se conoce como radiación adaptativa. El resultado de este proceso, es un conjunto de nuevas especies y géneros (y en algunos casos también taxa superiores) con características morfológicas y fisiológicas que fueron seleccionadas para vivir en una variedad de ambientes (Lomolino et al.).

4. ¿Cuáles son los componentes de la biodiversidad?

El concepto de biodiversidad ha sido mencionado de manera explícita o implícita desde la época de los primeros exploradores europeos, en particular en relación a sus dos componentes más simples, la *riqueza* (o número de especies, de formas de vida, etc.) y la *diversidad de especies per se* (relación entre el número de especies y su abundancia; Krebs, 1972). Entre 1700 y 1800 se reconocía que existían especies diferentes en distintos continentes, a distintas altitudes sobre el nivel del mar, e incluso que la cantidad de especies en las islas (y las características de esas especies) eran diferentes de las de los continentes. A lo largo de los siglos XIX y XX, primero los naturalistas, y luego ecólogos, paleontólogos y ecofisiólogos investigaron las causas por las cuales las especies de plantas y animales, con determinadas características, existían y dominaban (eran más abundantes) en distintos ambientes, en distintas estaciones del año o aún en diferentes épocas geológicas (Lomolino et al., 2010). Hacia fines del siglo XX hubo un cambio en el pensamiento dominante acerca de la biodiversidad. Se comenzó a pensar que el número de especies, su identidad y sus características no sólo eran una variable de respuesta ante los factores ambientales (como el clima, el tipo de suelo, el disturbio), sino que podían ejercer un *efecto* sobre las propiedades de los ecosistemas, es decir sobre su *estructura* y sus *procesos* de funcionamiento (Chapin et al., 2000; Schulze & Mooney, 1993).

En la actualidad se concibe a la biodiversidad como integrada por varios componentes, dentro de los cuales los principales son el taxonómico, el filogenético y el funcional (Solbrig, 1991; Zak, Willig, Moorhead & Wildman, 1994). La *diversidad taxonómica* comprende el número y

abundancia relativa de un taxa determinado, por ejemplo de las especies, pero también puede evaluarse la diversidad de géneros, familias, etc. La diversidad taxonómica es, probablemente, el aspecto de la biodiversidad más conspicuo y así el más conocido por todos. Los aspectos conceptuales de esta diversidad se desarrollan en mayor detalle en los capítulos 4 y 6 de este libro, y algunos de sus aspectos metodológicos se desarrollan en la pregunta 5 del presente capítulo.

La *diversidad filogenética*, por su parte, se define como la cantidad de cambios evolutivos acumulados por una especie o por un grupo de especies en relación a un antepasado común (Faith, 1992). Por ejemplo, dados dos *taxa*, uno no emparentado con especies vivientes, y otro sí emparentado con especies vivientes y de amplia distribución, el primer *taxon* será el que posea mayor diversidad filogenética acumulada, o rareza filogenética (Eguiarte et al., 1999). Al mismo tiempo, si se comparan dos grupos de especies, tendrá mayor diversidad filogenética el grupo que posea especies menos emparentadas filogenéticamente (por ejemplo si esas especies pertenecen a distintos géneros y aún más a distintas familias), en comparación a otro grupo de especies que sean congénicas, es decir del mismo género. Si bien, a diferencia de la diversidad taxonómica, la diversidad filogenética trabaja con filogenias de los organismos (relaciones evolutivas entre diferentes grupos de organismos, utilizando matrices de información de moléculas de ADN y de morfología), cuando el grupo que se desea analizar no posee una filogenia conocida se recurre a la taxonomía para estimar la diversidad filogenética (Eguiarte et al.).

Finalmente, la *diversidad funcional* comprende el valor, la variedad, la abundancia relativa y la distribución de los caracteres funcionales de los organismos de un sistema (Díaz & Cabido, 2001). Se denomina *carácter funcional* a todo rasgo morfológico (relativo a la forma), fisiológico (relativo al funcionamiento), fenológico (relativo a la estacionalidad en el funcionamiento, particularmente para plantas), o comportamental (relativo a la conducta, particularmente en animales) que puede ser medido a nivel de organismos individuales y que tiene el potencial de afectar la aptitud o desempeño de esos individuos, o sus efectos sobre la comunidad o el ecosistema (Violle et al., 2007). Por ejemplo, son caracteres funcionales de una planta su altura, el tamaño de su semilla, el contenido de nitrógeno de sus hojas, o la tasa de na-

talidad de un animal, su tamaño corporal y su lapso de vida promedio (Figura 2). Así, la altura es una carácter funcional de los árboles; un árbol puede tener una altura de 6 m, mientras que otro puede tener una altura de 3 m, esos son los valores que toma el carácter funcional “altura” en cada uno de esos 2 individuos. En base a sus características funcionales, los organismos se pueden agrupar en lo que se denominan grupos funcionales, por ejemplo árboles altos de hojas caducifolias, o hierbas pequeñas de hojas con alto contenido de nitrógeno. Entre los animales, las clasificaciones en grupos funcionales son menos frecuentes, aunque se están haciendo más comunes (Blaum, Mosner, Schwager & Jeltsch, 2011). Sin embargo, los conocidos *gremios* o *gremios tróficos* en los que se agrupan a los animales en base en sus hábitos alimenticios, por ejemplo carnívoros, granívoros, detritívoros, constituirían un ejemplo de clasificación en grupos funcionales. Los grupos funcionales a veces están formados por organismos emparentados evolutivamente, como por ejemplo el puma, el yaguararé y el leopardo; todos son cazadores solitarios, suelen ser los predadores principales en las cadenas alimenticias, y todos pertenecen al grupo taxonómico Felidae (félidos). En otros casos, un grupo funcional puede estar formado por organismos que si bien comparten características morfológicas y comportamentales, no están emparentados; por ejemplo el puercoespín, el equidna y el erizo.

Debe tenerse en cuenta que los componentes de la biodiversidad aquí descritos (taxonómico, filogenético y funcional) no son totalmente independientes. Por ejemplo, un mayor número de especies de aves, como hay en los trópicos, puede estar relacionado con mayor variabilidad en sus características si en el sistema en estudio hubo diversificación y especialización (por ejemplo en hábitos alimenticios). Sin embargo, un número alto de especies de aves podría estar asociado a poca variabilidad en sus características si en el sistema en estudio hay una presión ambiental fuerte que impide, por ejemplo, la existencia de aves grandes o de aves con hábitos diurnos. Por su parte, mayor variabilidad en las características de las especies muchas veces estará asociada a mayor diferenciación filogenética, ya que muchas diferencias morfológicas tienen su base en diferencias adquiridas por evolución. Sin embargo, en algunos casos existen pocas diferencias morfológicas (menor diversidad funcional), porque las especies con-

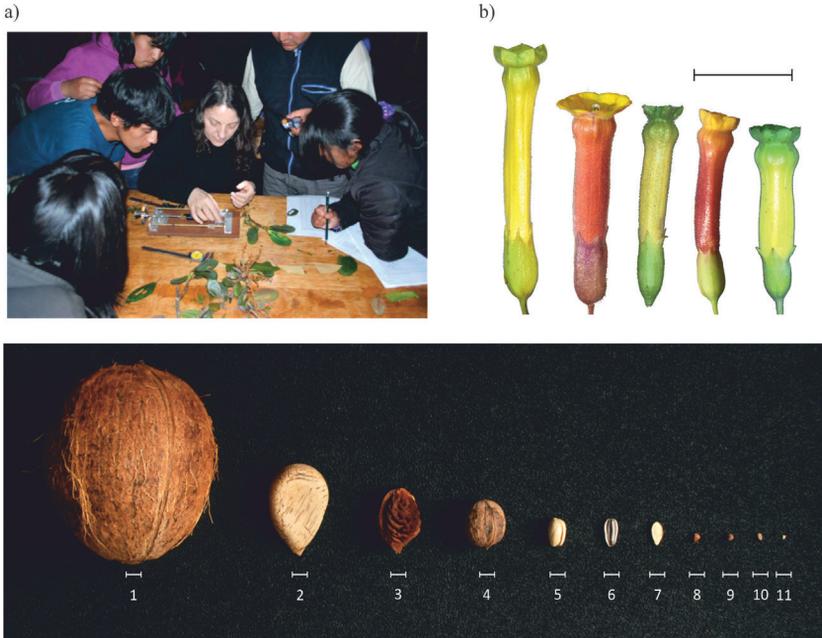


Figura 2. Medición de caracteres funcionales: a) Docente y alumnos midiendo dureza foliar en distintas especies provenientes de un gradiente de precipitación en los Andes peruanos, b) Variación en el tamaño y color de la flor en una misma especie de planta (*Nicotiana glauca* o “palam-palam”) creciendo en poblaciones, de izquierda a derecha, de Tupiza (Bolivia), Tambillos (La Rioja, Argentina), Costa Azul (Córdoba, Argentina), Embarcación (Salta, Argentina) y Purmamarca (Jujuy, Argentina). La escala de referencia representa 20 mm (crédito: A. Sérsic, V. Paiaro y A. A. Cocucci); c) Variación en el tamaño y forma de semillas (o unidades de dispersión) entre diferentes especies de plantas populares: 1) “coco” (*Cocos nucifera*), 2) “marfil vegetal” (*Phytelephas macrocarpa*), 3) “durazno” (*Prunus persica*), 4) “nuez” (*Juglans regia*), 5) “pistacho” (*Pistacia vera*), 6) “girasol” (*Helianthus annuus*), 7) “zapallo” (*Cucurbita moschata*), 8) “manzana” (*Malus domestica*), 9) “pimienta” (*Piper nigra*), 10) “tomate” (*Solanum lycopersicum*), 11) “mijo” (*Panicum miliaceum*). La escala de referencia representa 10 mm (crédito: L. Enrico).

vergieron hacia una solución exitosa común (las ya mencionadas alas en aves, insectos y mamíferos por ejemplo), pero las especies sí son lejanas filogenéticamente (mayor diversidad filogenética). Tanto el filtrado de la biodiversidad por factores ambientales como el efecto de la biodiversidad sobre procesos y beneficios ecosistémicos pueden ser abordados desde el punto de vista taxonómico, funcional o filogenético, e incluso son cada vez más comunes las combinaciones entre dos o tres de estos aspectos en torno a preguntas ecológicas y de conservación.

5. ¿Cómo se estudia la biodiversidad?

En base a los enfoques o criterios antes mencionados para definir la biodiversidad y sus componentes, se generan diferentes enfoques o aproximaciones para medirla.

5.1 Mediciones a escala genética

Un componente importante de la diversidad biológica está representado por la variación dentro de una misma especie (variación intraespecífica; ver capítulo 3 para más información sobre el tema). Esta variación es la que hace que un individuo sea único, en algunos aspectos, con respecto a otros individuos de su misma especie. Estas diferencias se pueden ver reflejadas, a nivel molecular, en variaciones en la estructura del ADN o en las proteínas originadas a partir del mismo. Para medir esa variación se utilizan diferentes técnicas, en general de media o alta complejidad, que requieren de un laboratorio específicamente instalado para este tipo de estudios. A nivel morfológico, la diversidad genética puede detectarse en base a diferencias en ciertos caracteres cuantitativos, observables en lo que se denomina el “fenotipo”, es decir, la expresión física de la información expresada en el ADN, o “genotipo”. El fenotipo es el resultante de la interacción de la genética del individuo con el ambiente en el que se desarrolla (Cuadro 1).

La variación genética intraespecífica es fundamental para la existencia de las especies y para la evolución. Esta variación se produce como resultado de los procesos mencionados antes (Cuadro 1) y sobre ella operan los factores ambientales que hacen de filtro (Figura 1) a las características de las especies en tiempo ecológico y evolutivo. Los cambios ambientales globales pueden también ejercer una selección (en este caso antrópica o artificial) sobre esta variabilidad, que a su vez puede reducir esta diversidad por medio de la extinción de variedades y/o poblaciones locales con determinadas características genéticas particulares. Esto podría implicar la pérdida de determinadas características existentes en el patrimonio genético de la especie, lo que conlleva al “empobrecimiento” de la diversidad intraespecífica.

5.2 Medición a nivel de especies

Cuando se plantea la necesidad de medir la diversidad de un área geográfica o región, quizás lo primero que viene a la mente es el recuento del número de especies diferentes que se encuentran en la misma (riqueza de especies). Sin embargo, además de ese número, nos puede interesar conocer la identidad de las especies, o su abundancia, y esto puede hacerse a distintas escalas. Para realizar un relevamiento de especies, en primer lugar es necesario poder identificarlas taxonómicamente. Luego, con el listado de especies presentes, se pueden calcular la *diversidad per se* (relación entre el número de especies y su abundancia) y los componentes de esa diversidad: la riqueza (número de especies) y la *equitatividad* (cuan balanceada está la cantidad de unas y otras especies entre sí). Si lo que interesa es conocer la diversidad de una comunidad en particular (conocida como *diversidad Alfa*) utilizaremos índices como por ejemplo el de Shannon-Wiener. Si lo que interesa es la diversidad de comunidades a escala de paisaje o aun mayor (*diversidades Beta* o *Gamma*), la metodología será diferente. La diversidad Beta, o diversidad entre hábitats, describe el grado de reemplazo de especies a lo largo de gradientes ambientales. La *diversidad Gamma* es definida como la riqueza en especies de un grupo de hábitats (de un área geográfica) que resulta de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas (diversidad beta). Para medir la diversidad beta se pueden utilizar diferentes índices de

similitud o disimilitud (Sørensen, Jaccard, etc.). La diversidad gamma para un número determinado de comunidades, se calcula en base a la diversidad alfa promedio y la diversidad beta de dichas comunidades (ver detalles metodológicos en Moreno, 2001).

5.3 Medición a nivel de caracteres y grupos funcionales

Como mencionamos más arriba, en algunos casos puede no interesarnos el número de especies en sí mismo (riqueza de especies) o su relación con la abundancia de las especies (diversidad *per se*) sino saber si las especies que existen son diferentes entre sí desde un punto de vista funcional. Es decir, cómo esas especies responden al ambiente y cómo afectan los procesos ecosistémicos. En esos casos, lo que deberemos hacer es medir características de las especies que nos hablen de ese funcionamiento (*caracteres funcionales*), como por ejemplo el área foliar, la altura de la planta o su densidad de leño, o el tamaño del cuerpo y la tasa de reproducción de un animal. Luego, en base a los valores medidos de esos caracteres en distintos individuos, especies y/o grupos, se pueden determinar los distintos componentes de lo que se denomina diversidad funcional. Dentro de estos componentes, uno de los más relevantes es la descripción de la variación en los caracteres funcionales de un sistema. Esto se puede expresar de modo continuo como la *variedad o variabilidad funcional (o rango funcional)* o sea las diferencias en los valores de los caracteres funcionales entre los organismos que viven en el sistema. Por ejemplo, el rango en el tamaño de semillas entre las especies de un ecosistema puede ser entre 1 mm y 1 cm, es decir el rango será 0,9 cm, mientras que en otro ecosistema puede ser entre 1 cm y 4 cm, es decir el rango será en el segundo caso de 3 cm. También se lo puede expresar de modo discreto en lo que se denomina *riqueza funcional*, o sea el número de grupos funcionales que se encuentra en el sistema.

Las especies dominantes de un ecosistema son las que aportan el mayor porcentaje de la biomasa en el mismo, y por lo tanto son las que influyen con mayor fuerza sobre los procesos ecosistémicos. Debido a esto, otro aspecto relevante de la diversidad funcional es qué valores de caracteres funcionales poseen dichas especies. Esto se expresa bien

como el porcentaje de la biomasa o abundancia total representado por cada grupo funcional, o bien como el promedio de los valores de los caracteres funcionales ponderado por la abundancia o biomasa de las especies que poseen esos valores de caracteres. Este *promedio ponderado de caracteres funcionales* es considerado particularmente importante, ya que en la mayoría de los casos el efecto de la biodiversidad sobre las propiedades ecosistémicas y el impacto de los filtros sobre las comunidades se relacionan fundamentalmente, como dijimos, con las características que poseen las especies más abundantes. Por ejemplo, el contenido de materia seca de las hojas o su composición química (porcentaje de nitrógeno o fósforo) son importantes para determinar el valor nutricional de la vegetación, lo cual es relevante desde el punto de vista de la producción ganadera. Entonces, un sistema donde las especies de plantas más abundantes tengan altos valores de fósforo en sus hojas, será mejor desde el punto de vista del ganado que un sistema donde la mayor parte de la biomasa de plantas tenga valores bajos de fósforo.

El tercer aspecto importante de la biodiversidad tiene que ver con la presencia de especies o valores de caracteres que, no siendo particularmente extremos o abundantes, son en algún sentido “especiales”. Por ejemplo, las llamadas especies clave son organismos cuyos efectos sobre el ecosistema son desproporcionados a su abundancia y están principalmente mediados por relaciones tróficas. Los predadores son típicamente especies clave de los sistemas, pero los herbívoros pueden ser a su vez fundamentales en determinar la estructura de las comunidades vegetales, a través de la selección de especies que hacen para su alimentación, previniendo la dominancia de algunas pocas especies. Por su parte, los llamados *ingenieros ecosistémicos*, son organismos que tienen gran capacidad de modificación física (no por relaciones tróficas) del ambiente en el que viven, lo cual provoca efectos sobre otras especies. Un ejemplo clásico de estos organismos es el del castor (nativo del Hemisferio Norte y actualmente introducido en Tierra del Fuego), que genera embalses que modifican la dinámica hídrica de un sistema y las especies presentes en el mismo. Otro ejemplo típico son los corales, que forman arrecifes sobre los cuales viven cientos de miles de otros organismos, modificando los flujos de nutrientes y energía de muchos sistemas costeros. Todos estos componentes pueden ser evaluados por separado o combinados en índices que pueden ser calculados de manera

relativamente sencilla mediante programas estadísticos específicos (por ejemplos de estos índices, ver Casanoves, Pla & Di Rienzo, 2011).

6. ¿Cuáles son las estrategias para manejar la biodiversidad a nivel global y en Argentina?

La importancia de conocer, entender, proteger y utilizar de modo sustentable la biodiversidad de nuestro planeta ha sido destacada por diferentes iniciativas e instituciones en las últimas décadas. Durante la década de los años '90, la biodiversidad comenzó a cobrar importancia para los tomadores de decisiones y para la sociedad en general. A nivel global existen diferentes organismos, programas y acuerdos que tienen entre sus objetivos la discusión de estrategias para la conservación y el manejo de la biodiversidad. A partir de la suscripción de los diferentes países a acuerdos internacionales y regionales, numerosos países se han comprometido a mantener determinados criterios y estrategias a nivel local, así como a participar de evaluaciones periódicas a distintas escalas, desde nacional hasta mundial.

Un punto de partida fundamental en relación al tema de la biodiversidad en el contexto de los acuerdos a nivel internacional fue la Cumbre de Río de Janeiro en 1992, en la cual se aprobó el mencionado Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB). Este convenio fue el primero en crear un acuerdo global en relación a la conservación de la biodiversidad y ha establecido el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 (<http://www.CDB.int/convention/text/>), que incluye las Metas de Aichi (<http://www.CDB.int/sp/targets/>). Estas metas, que el CDB se propone alcanzar para el año 2020, contemplan reducir significativamente las tasas de pérdida de variedades, especies y ecosistemas. Al mismo tiempo, estas metas se focalizan en las causas subyacentes a dicha pérdida y en cuestiones de equidad en la distribución de los beneficios derivados de la biodiversidad (por ejemplo usos medicinales, alimenticios, industriales). En 2014 se publicó la Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 4, reflejando el avance logrado en los primeros años del Plan Estratégico en la consecución de las metas (<http://www.CDB.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-es-lr.pdf>).

Argentina ha suscripto y ratificado el CDB. Por lo tanto, ha tenido que establecer acciones tendientes a la conservación de la biodiversidad, el uso sustentable de la misma y la distribución equitativa de los beneficios derivados de ella. Esto ha derivado en la confección de la denominada “Estrategia Nacional de Biodiversidad”, que incluye los lineamientos generales en base a los cuales Argentina estableció sus políticas estratégicas en el tema. La conservación de la biodiversidad en nuestro país ha sido considerada como uno de los puntos relevantes al momento de sancionarse en Argentina la Leyes N° 26.331 o “Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos” (año 2007) y N° 26.639 o “Régimen de Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial” (año 2010). A fines del año 2013, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación dio a conocer la iniciativa para constituir un sistema nacional de información sobre la biodiversidad, a través del Observatorio Nacional de Biodiversidad (OBIO), que sería actualizado en forma permanente, con el fin de realizar un inventario de las especies animales y vegetales de Argentina, y también de identificar amenazas para diseñar acciones de protección de la biodiversidad.

La biodiversidad, más allá de estos convenios y de las estrategias que ellos establecen, ha sido estudiada en la Argentina desde hace cientos de años, principalmente a partir del trabajo de los primeros científicos y del desarrollo de los de los primeros viajes de naturalistas por nuestro continente (incluyendo los viajes de Darwin por las regiones pampeana y patagónica). A nivel de instituciones, quienes la han estudiado y estudian actualmente son las Universidades y los organismos de investigación como el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas), INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) o el INIDEP (Instituto Nacional De Investigación y Desarrollo Pesquero), entre otros. Su conservación, en cambio, es motivo de preocupación tanto de estas instituciones como de diferentes organizaciones no gubernamentales (ONG’s) dentro de las cuales se encuentran algunas muy conocidas por la sociedad toda, como la *Fundación Vida Silvestre Argentina* (FVSA), *Ecosistemas Argentinos* (Ea) o la internacional Greenpeace, entre muchas otras impulsadas particularmente en las últimas décadas.

7. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema?

1) *Analizar las relaciones entre el número y la abundancia de especies vegetales y el tamaño de distintas áreas de vegetación.*

a) Descripción. En el patio de la escuela o en un terreno suficientemente amplio con vegetación preferentemente natural o no implantada, delimitar, con ayuda de la cinta métrica o hilo de 1m de largo, cuadrados de 1 m². En estos cuadrados, contar el número de especies diferentes de plantas (o plantas con características morfológicas diferentes que podrían ser especies diferentes), y cuántos individuos hay por especie. Repetir lo mismo pero en cuadrados de tamaño creciente (por ejemplo 4 m² y de 25 m²). Esta actividad puede ser realizada en colaboración con el área de Matemática para analizar la construcción de las curvas de relación especies vs. área y su significado. Al mismo tiempo, esta actividad puede realizarse en conjunto con el área de Ciencias Sociales para discutir los resultados en el contexto de la conservación y de la creación de áreas protegidas y elaborar una propuesta en la cual se plantee la defensa de una propuesta de creación de áreas protegidas (por un grupo de alumnos) en un ámbito legislativo (representado por otro grupo de alumnos). Esto último también les permitiría hacer una conexión con la actividad tres aquí propuesta.

b) Bibliografía sugerida (en orden de prioridad):

Begon, M., Harper, J. L. & Townsend, C. R. (2000). *Ecología: Individuos, poblaciones y comunidades*. Barcelona: Omega.

Arango, N., Chaves, M. E. & Feinsinger, P. (2009). *Principios y Práctica de la Enseñanza de Ecología en el Patio de la Escuela*. Santiago: Instituto de Ecología y Biodiversidad-Fundación Senda Darwin.

2) *Caracteres funcionales simples.*

a) Descripción. Seleccionar especies (animales o vegetales) de distintos ambientes (por ejemplo especies recolectadas en zonas con diferente suelo, o en zonas asoleadas durante todo el día y otras en áreas con sombra todo el día). Medir algunos caracteres funcionales simples en 4 individuos por especie. Por ejemplo, puede medirse en plantas el tamaño y grosor de la hoja (indicadores de capacidad fotosintética y de almacenamiento de agua), la dureza de la hoja (indicador de resisten-

cia a viento y a herbívoros), el contenido de materia seca (o diferencia entre peso fresco y peso seco, indicador de capacidad fotosintética y contenido de carbono), el tamaño y la forma de la semilla (indicador de capacidad de dispersión y tipo de estrategia de supervivencia). También puede medirse en invertebrados el tamaño del cuerpo y largo de antenas y patas (indicador de tipo de estrategia de vida) o el tipo de aparato bucal (indicadores del tipo de alimentación). Investigar la literatura sobre el posible funcionamiento de los organismos con unas u otras características (por ejemplo, qué implica el tamaño corporal grande en un invertebrado o una hoja más gruesa en una planta). Analizar la variación en los valores de los caracteres dentro de las especies seleccionadas y entre especies y entre ambientes. Esta actividad podría realizarse con la colaboración del área de Física para evaluar el componente físico de las características de los organismos, y también en colaboración con el área de Matemática para explorar cómo analizar la variación de valores de caracteres entre especies y entre individuos de la misma especie. Finalmente, agrupar los organismos estudiados en tipos funcionales y discutir las implicancias de este tipo de agrupamiento.

b) Bibliografía sugerida (en orden de prioridad):

Díaz, S., Gurvich, D. E., Pérez Harguindeguy, N. & Cabido, M. (2002). ¿Quién necesita tipos funcionales de plantas? *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 37(1-2), 135-140.

Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte S. M., ... & Cornelissen, J. H. C. (2013). New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61(3), 167–234. Extraído el 10 de diciembre, 2014, de <http://www.nucleodiversus.org/index.php?mod=page&id=79>.

3) *Percepciones diferentes de distintos actores sociales sobre los componentes de la biodiversidad a partir de encuestas.*

a) Descripción. Diseñar y realizar encuestas a distintos actores sociales (pueden ser maestras, alumnos, padres de distintas profesiones, etc.) sobre la percepción del valor de distintos componentes de la diversidad (ver capítulos 11 y 12). Por ejemplo, qué organismos son importantes para qué funciones ecosistémicas o qué organismos (o qué característi-

cas de los organismos) brindan determinados servicios (alimentación, placer estético, etc.), finalmente evaluar cuáles son los beneficios ecosistémicos más importantes en su vida. Esta actividad se podría hacer en colaboración con el área de Ciencias Sociales, quienes poseen el conocimiento para elaborar encuestas y luego analizarse para ser vinculadas a la actividad 2 (si por ejemplo se identifican características de los organismos que son importantes para determinados servicios ecosistémicos que, a su vez, pueden asociar a caracteres medibles en la actividad anterior). Un grupo podría hacer la actividad 2 y luego la 3, otro grupo primero la 3 y luego la 2, y finalmente comparar qué caracteres se eligió en cada caso y cómo se podría integrar la información obtenida.

b) Bibliografía sugerida (en orden de prioridad):

Quétier, F., Tapella, E., Conti, G., Cáceres, D. & Díaz, S. (2007). Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. *Gaceta Ecológica*, 84-85(número especial), 17-26.

Bermudez, G. M. A., García, L. P., De Longhi, A. L. & Díaz, S. (2013). Las razones para conservar especies nativas y exóticas que priorizan alumnos de escuela secundaria de Córdoba, Argentina. En M. V. Plaza (Ed.) *IV Encuentro de Innovadores Críticos* (pp. 13-16). E-book. 21-23 de noviembre, CABA. Córdoba: ADBIA.

Referencias bibliográficas

Blaum, N., Mosner, E., Schwager, M. & Jeltsch, F. (2011). How functional is functional? Ecological groupings in terrestrial animal ecology: towards an animal functional type approach. *Biodiversity and Conservation*, 20(11), 2333-2345.

Casanoves, F., Pla, L. & Di Rienzo, J. A. (2011). *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos*. Serie Técnica CATIE. Informe Técnico Nro. 384. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Extraído el 20 de diciembre, 2014, de <http://www.nucleodiversus.org/uploads/file/Casanoves%20et%20al%202011%20Serie%20Tecnica%20CATIE.pdf>

- Chapin III, F. S., Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., ... & Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. *Nature*, *405*(6783), 234-242.
- Crutzen, P. J. & Stoermer, E. F. (2000). The “Anthropocene”. *Global Change Newsletter*, *41*, 17–18. Extraído el 20 de diciembre, 2014, de <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf>
- Díaz, S. M., Cabido, M. R. & Casanoves, F. (1999). Functional implications of trait-environment linkages in plant communities. En E. Weiher & P. Keddy (Eds.), *Ecological Assembly Rules: Perspectives, Advances, Retreats* (pp. 338-362). Cambridge, Cambridge University Press.
- Díaz, S. & Cabido, M. (2001). Vive la difference: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution*, *16*(11), 46-655.
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., ... & Zlatanova, D. (2015). The IPBES Conceptual Framework — connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *14*, 1-16.
- Eguiarte, L. E., Larson-Guerrero, J., Nuñez-Farfan, J., Martínez-Palacios, A., Santos del Prado, K. & Arita, H. T. (1999). Diversidad filogenética y conservación: ejemplos a diferentes escalas y una propuesta a nivel poblacional para *Agave victoriae-reginae* en el desierto de Chihuahua, México. *Revista Chilena de Historia Natural*, *72*(4), 475-492.
- Faith, D. P. (1992). Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation*, *61*(1), 1-10.
- FAO. (1999). Agricultural Biodiversity, Multifunctional Character of Agriculture and Land Conference, Background Paper 1. Maas-tricht, Netherlands: FAO. Extraído el 10 de diciembre, 2014, de http://www.fao.org/mfcal/pdf/bp_1_agb.pdf.
- Jablonka, E. & Lamb, M. J. (2005). *Evolución en cuatro dimensiones*. Buenos Aires, Capital Intelectual.
- Krebs, C. J. (1972). *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. New York, NY: Harper and Row.

- Lomolino, M. V., Riddle, B. R., Whittaker, R. J. & Brown, J. H. (2010). *Biogeography*, 4° edition. Sunderland, Sinauer Associates Inc.
- Martín-López, B., González, J. A., Díaz, S., Castro, I. & García-Llorente, M. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas*, 16(3), 69-80. Extraído el 20 de diciembre, 2014, de http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=500&Id_Categoria=1&tipo=portada).
- Millennium Ecosystem Assessment, MEA. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute. Extraído el 20 de diciembre, 2014, de <http://www.unep.org/maweb/documents/document.354.aspx.pdf>
- Moreno, C. E. (2001) *Métodos para medir la biodiversidad*. Vol. 1. Zaragoza, España: M&T-Manuales y Tesis SEA.
- Sánchez, T. M. (2006). *La historia de la vida en pocas palabras*. Córdoba, Argentina: CIPAL-FCEFyN (UNC), Premat Industria Gráfica S.R.L.
- Schulze, E. -D. & Mooney, H. A. (1993). *Biodiversity and ecosystem function*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Solbrig, O. T. (1991). *From genes to ecosystems: a research agenda for biodiversity*. Cambridge, MA: IUBS.
- Violle, C., Navas, M.-L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I. & Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5), 882–892.
- Weihner, E. & Keddy, P. (1999). *Ecological assembly rules: perspectives, advances, retreats*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Zak, J. C., Willig, M. R., Moorhead, D. L., Wildman, H. G. (1994). Functional diversity of microbial communities: A quantitative approach. *Soil Biology and Biochemistry*, 26(9), 1101-1108.

Lecturas recomendadas

- 1) Begon, M., Harper, J. L. & Townsend, C. R. (2000). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Barcelona: Omega.

El libro trata sobre la distribución y la abundancia de los organismos en la tierra y del modo en que las características físicas, químicas y, en particular, las características e interacciones biológicas, determinan dichas distribuciones y abundancias en los ecosistemas.

- 2) Curtis, H., Barnes, S., Schnek A. & Massarini, A. (2008). *Biología*. 7° edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Conceptos básicos de biología y evolución para pregrado y grado.

- 3) Sánchez, T. M. (2006). *La historia de la vida en pocas palabras*. Córdoba, Argentina: CIPAL-FCEfYn (UNC), Premat Industria Gráfica S.R.L.

Historia de la vida en la tierra: patrones y procesos por detrás de los ciclos de diversificación y extinción.

Sitios web recomendados

- 1) Biología (Curtis, Barnes, Schnek, Massarini). (<http://www.curtis-biologia.com/>).

Conceptos básicos de biología y evolución para pregrado y grado.

- 2) Evaluación de los Ecosistemas del Milenio: marco, declaraciones e informes de evaluación y de síntesis. (<http://www.millenniumassessment.org/es/>).

Conclusiones y comentarios del panel de expertos de las Naciones Unidas sobre la evaluación de los ecosistemas hacia el fin del milenio.

- 3) Convenio de Diversidad Biológica de las Naciones Unidas: historia y objetivos del convenio y documentos asociados. (<http://www.un.org/es/events/biodiversityday/convention.shtml>), y Programas Temáticos del Convenio sobre Diversidad Biológica de la ONU (<http://www.CDB.int/programmes>).
- 4) Documento Final de la Estrategia Nacional de Biodiversidad (Argentina). (http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/acuerdos/convenciones/cdb/enb_res91_03.pdf).

Autoevaluación

- 1) ¿Existe un concepto único de diversidad biológica? ¿Por qué?
- 2) ¿Por qué existen diferentes formas de medir la diversidad biológica?
- 3) ¿De qué manera la diversidad biológica puede ser importante para el bienestar humano?
- 4) ¿Cuáles son las instituciones más importantes de Argentina vinculadas con el manejo de la diversidad biológica?

Sobre los autores



Natalia Pérez-Harguindeguy (izquierda) es Profesora Adjunta de Biogeografía en la FCEFYN de la UNC y es Investigadora Adjunta de CONICET en el Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET-UNC, Argentina). Estudia las relaciones planta-suelo en el reciclado de la materia orgánica bajo distintos usos de la tierra. E-mail: nperez@efn.uncor.edu.

Lucas Enrico (centro) es Investigador Asistente de CONICET en el Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET-UNC). Estudia la relación entre la herbivoría de vertebrados e invertebrados, los caracteres funcionales de las plantas y su potencial forrajero a lo largo de gradientes ambientales y de uso de la tierra. E-mail: lenrico@com.uncor.edu.

Sandra M. Díaz (derecha) es Profesora Titular de Ecología de Comunidades y Ecosistemas en la FCEFYN de la UNC y es Investigadora Superior de CONICET en el Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET-UNC). Es experta en diversidad funcional y caracteres funcionales de plantas y sus relaciones con el funcionamiento ecosistémicos en el contexto del cambio climático global. E-mail: sdiaz@efn.uncor.edu.

Capítulo 2. La diversidad de ecosistemas en Córdoba

Leonardo Galetto y Carolina Torres

Universidad Nacional de Córdoba – Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV), CONICET

Resumen

La escuela secundaria puede proveer nuevos modelos cognitivos acerca el mundo natural y de nuestra relación con él, promoviendo el pensamiento crítico en las distintas instancias educativas y motivando la reflexión sobre la estrecha relación entre el bienestar de las poblaciones humanas y la conservación de la biodiversidad. Este capítulo tiene como objetivo principal acercar a los docentes nuevos marcos conceptuales sobre los significados de biodiversidad, ecosistemas y diversidad ecosistémica. Se analizan brevemente los principales factores que condicionan la conservación de los ecosistemas naturales de la Provincia de Córdoba. Se describen las distintas valoraciones de la biodiversidad que sustentan la pluralidad de argumentos respecto a por qué conservar la diversidad ecosistémica. Se sugieren algunos lineamientos básicos a tener en cuenta para emprender acciones de conservación de la biodiversidad. Finalmente, se proponen actividades para trabajar en el aula los contenidos desarrollados en el capítulo.

Conceptos clave: biodiversidad, ecosistemas, red alimentaria, interacciones biológicas, conservación de la biodiversidad, éticas ambientales.

Introducción

A pesar de que la ecología recibe gran atención en los diseños curriculares, muchos de sus conceptos clave son utilizados de forma distorsionada y es frecuente encontrar, tanto en los docentes como en los alumnos, junto con una gran motivación hacia este tema, un cierto número de dificultades para abordarlo (Jiménez Aleixandre, 2010). Este capítulo tiene como objetivo principal acercar a los docentes nuevos marcos conceptuales sobre los significados de biodiversidad, ecosistemas y diversidad ecosistémica. Se intenta, además, mostrar distintos modelos

cognitivos acerca del mundo natural y de nuestra relación con él, a fin de proveer argumentos que contribuyan a desarrollar el pensamiento crítico de los alumnos frente a los principales problemas ambientales de los ecosistemas de la Provincia de Córdoba. También se sugieren situaciones didácticas contextualizadas que permitan relacionar intereses y hechos significativos para los alumnos con las entidades conceptuales construidas por la ciencia para explicarlos. Las actividades sugeridas tienen como objetivo motivar la reflexión respecto a que el bienestar de las sociedades humanas está fuertemente ligado a la conservación de los componentes, las estructuras y el funcionamiento de los ecosistemas.

1. ¿Qué es la diversidad de ecosistemas?

En ciencia, como en otras actividades humanas, es importante la claridad conceptual para el desarrollo del conocimiento, lograr una comunicación fluida y, también, para implementar acciones tecnológicas y políticas adecuadas. Por ello, primero discutiremos brevemente los conceptos disponibles para biodiversidad y ecosistema, para luego poder profundizar el análisis sobre la diversidad ecosistémica.

1.1. ¿Qué es la biodiversidad y qué atributos tiene?

Si bien el concepto de biodiversidad es relativamente nuevo, ha adquirido una enorme repercusión pública en las últimas décadas. Es ampliamente utilizado tanto por científicos como por comunicadores sociales, políticos y público en general. Sin embargo, se trata de un concepto complejo, polifacético, equívoco y poco preciso, que, por lo tanto, puede ser interpretado, definido, documentado o representado de diferentes maneras. Entonces, como es difícil llegar a un concepto unívoco para biodiversidad, se pueden realizar aproximaciones a partir de preguntas como las siguientes: ¿Cómo se caracteriza la biodiversidad?, ¿Qué propiedades o atributos posee?, ¿Cuáles son sus componentes?, ¿Cuántos niveles de organización conforman la biodiversidad? A partir de estas preguntas y sus posibles respuestas, es posible visualizar la complejidad del concepto de biodiversidad y aceptar distintas definiciones operacionales y múltiples metodologías para caracterizarla.

La pluralidad de definiciones operacionales para el concepto de biodiversidad puede ser integrada considerando la propuesta de Noss (1990), que permite su representación gráfica, mostrando la complejidad del concepto (Figura 1). A partir de esta perspectiva, se puede definir que la biodiversidad está determinada y constituida por tres atributos: composicional, estructural y funcional.

El *atributo composicional* incluye la identidad y variedad de elementos de los sistemas biológicos (genes, especies, comunidades, ecosistemas y paisajes; Figura 1). Por ejemplo, un “bosque” de pinos está compuesto mayoritariamente por una o dos especies de plantas cultivadas y pocas especies de otras plantas y animales que pueden vivir en él, mientras que el Bosque Serrano de Córdoba incluye una gran variedad de animales, no menos de 50 especies leñosas y cientos de especies vegetales de menor porte.

El *atributo estructural* comprende la disposición u ordenamiento físico de los componentes en cada nivel de organización (por ejemplo, frecuencia de alelos de distintos genes, número de machos y hembras en distintas poblaciones animales, estratos de un bosque, etc., Figura 1). Si pensamos en el Bosque Chaqueño, su estructura típica comprende un dosel dominado por algunas especies arbóreas, un sotobosque y un estrato bajo de hierbas, plantas rastreras y troncos caídos en el suelo.

El *atributo funcional* incluye la variedad de procesos e interacciones que ocurren entre los componentes biológicos (Figura 1). Estos procesos pueden ser ecológicos (por ejemplo, algunas plantas requieren que una o muchas especies de animales polinizadores lleguen a sus flores para poder producir frutos y semillas y así poder reproducirse), biogeoquímicos (por ejemplo, fijación de carbono realizada por las hojas de los árboles) o evolutivos (por ejemplo, la coevolución entre plantas con frutos carnosos y las aves dispersoras de sus semillas).

Además de estar determinada por estos tres atributos, la biodiversidad tiene algunas características que es fundamental tener presentes, sobre todo cuando se analizan las causas y consecuencias de la pérdida de biodiversidad. Estas características son:

- a) la biodiversidad es *compleja*, es decir, que sus atributos (composicional, estructural y funcional) están interconectados. El sistema

no sólo presenta propiedades intrínsecas de cada elemento o nivel sino que también presenta, como todo sistema complejo, propiedades emergentes. Es decir, propiedades nuevas que no pueden explicarse a partir de las propiedades de los elementos aislados y que surgen como resultado de las interacciones entre los elementos del sistema.

- b) la biodiversidad es *dinámica*, es decir que sus componentes, estructuras y funciones cambian (naturalmente o por perturbaciones antropogénicas) en múltiples escalas temporales y espaciales.
- c) la biodiversidad es *multidimensional*, es decir que debe ser interpretada considerando múltiples escalas temporales, espaciales y niveles de organización. Los niveles más inclusivos condicionan el comportamiento de los niveles incluidos (Figura 1).

En resumen, considerando lo anteriormente expuesto, podríamos construir y considerar un concepto de biodiversidad como el siguiente: *La biodiversidad es el sistema complejo de componentes (genes, especies, comunidades, ecosistemas y paisajes), estructuras y procesos (evolutivos, ecológicos e históricos) que cambia en múltiples escalas espaciales y temporales.*

Teniendo en cuenta esta definición amplia de biodiversidad, podemos deducir que cuando hablamos de *diversidad de ecosistemas nos estamos refiriendo al sistema complejo de componentes, estructuras y procesos pertenecientes al nivel de organización ecosistémico que cambia en múltiples escalas espaciales y temporales.*

A partir de estas definiciones, es simple deducir que cuando desaparece un ecosistema no sólo se pierde el componente en sí, sino también los componentes incluidos en niveles de organización inferiores, sus relaciones estructurales y sus interacciones funcionales con los demás componentes del sistema biológico. Por ejemplo, si se pierde un bosque nativo, también desaparecen comunidades (animales, vegetales, humanas), especies y diversidad genética. También cambia la fisonomía del paisaje, la estructura genética de las poblaciones y la estructura de hábitat de las especies (por ejemplo, cambia el dosel que proveía alimento o refugio para especies animales). Pero también se pierden elementos del sistema que no vemos a simple vista, por ejemplo, la biodiversidad funcional, es decir, todas las interacciones biológicas y procesos ecológicos, biogeoquímicos y evolutivos que tenían lugar en ese bosque (por ejemplo, cambian las interacciones de polinización y dispersión entre

especies de plantas y animales o las interacciones del suelo entre raíces, hongos y distintos microorganismos). En consecuencia, se pierden servicios ecosistémicos para el humano (acceso al agua y aire limpios, polinización de cultivos, provisión de leña o de plantas medicinales, entre otros). Si pensamos en definiciones amplias y complejas de bosque, ecosistema o biodiversidad, no cabe duda alguna que es imposible restaurar un bosque o un ecosistema perdido y los beneficios que de ellos se obtenían. La restauración ecológica siempre será parcial, puesto que un ecosistema incluye procesos ecológicos, evolutivos e históricos, complejos e irrepetibles que le dieron origen y constituyen su biodiversidad.

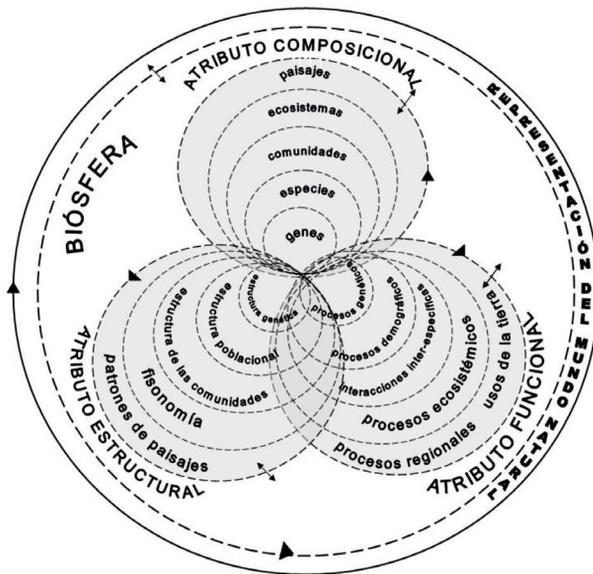


Figura 1. Representación del concepto de biodiversidad, adaptada y modificada a partir de Noss (1990). Los tres atributos de la biodiversidad (composicional, estructural y funcional) están representados como círculos interconectados, los que a su vez se encuentran delimitados por dos círculos más grandes, la biósfera y la representación del mundo natural construida por las diferentes culturas. Los atributos incluyen los diversos niveles de organización. Las flechas con doble sentido que cruzan los bordes de cada círculo enfatizan la interconexión de cada dominio con los restantes. Las puntas de flecha indican el carácter dinámico de cada círculo.

1.2. ¿Por qué con el fin de describir la biodiversidad de los ecosistemas se mencionan sólo algunas de las especies que los componen?

Aunque el término biodiversidad puede tener múltiples significados, muchos científicos, ambientalistas o políticos identifican a la biodiversidad como la riqueza de especies (es decir, el número de especies en un área geográfica o en un ecosistema determinado). A veces, a esta representación extremadamente simplificada, se agregan las abundancias poblacionales de un subconjunto de especies de interés. En este último caso, se estaría representando el concepto de biodiversidad a través del conjunto de poblaciones de algunas o todas las especies que coexisten en una determinada área, ecosistema o comunidad. De esta forma, la riqueza de especies es frecuentemente considerada la medida icónica de la diversidad biológica (Magurran & McGill, 2011) y es utilizada indiscriminadamente para tomar decisiones de manejo de los ecosistemas o planificar acciones de conservación.

Pero también la riqueza de especies está relacionada con el sentido intuitivo de la diversidad biológica (Magurran & McGill, 2011). Para la mayoría de las personas, el concepto de biodiversidad representa una referencia a un conjunto acotado de animales y vegetales. Estas especies son consideradas porque tienen algún interés particular para ese grupo humano o porque son percibidas como “especies carismáticas”. Es decir, especies culturalmente consideradas bellas, atractivas o útiles; por ejemplo: flamencos, colibríes, lagartos overos, algarrobos, quebrachos o peperina. Estas especies conviven con otras que son igual o más abundantes, pero que, en general, son desconocidas o menos valoradas (por ejemplo: insectos, hongos o pastos). En general, esta conceptualización intuitiva de la biodiversidad se centra en mega-vertebrados y árboles de gran porte, justamente los dos grupos de seres vivos que tienen el menor número de especies a nivel global. De esta forma, es común encontrar que un ecosistema sea caracterizado por la presencia de determinadas especies de árboles, aves o mamíferos (por ejemplo, <http://mapoteca.educ.ar/secuencia/climas-y-biomas-de-la-provincia-de-cordoba/>).

Sin embargo, tal como hemos tratado de explicar en detalle más arriba, queda claro que la biodiversidad comprende mucho más que esas pocas “especies carismáticas”. Si bien para caracterizar la biodiversidad de los ecosistemas se pueden utilizar índices que resultan comparativamente

sencillos y rápidos de calcular, no se debe confundir una herramienta metodológica para su caracterización (un índice de diversidad o una lista de especies) con la complejidad biológica y ecológica del concepto de biodiversidad, ignorando los distintos atributos y la compleja red de interacciones que existe entre ellos.

Es importante tener presente que la conceptualización imprecisa o incompleta de la biodiversidad puede promover conclusiones y acciones desacertadas. Es decir, la palabra biodiversidad o ecosistema puede adquirir diferentes significados para distintas personas y en distintos contextos. Esto es entendible, pero lo grave es que las percepciones erróneas o incompletas de los conceptos promuevan conclusiones y acciones desacertadas. Por lo tanto, lograr un nivel adecuado de entendimiento en la población es esencial puesto que el conocimiento adquirido por las personas puede tener una fuerte influencia en sus formas de ver y actuar en el mundo (Wolovelsky, 2004).

1.3. ¿Qué es un ecosistema y cómo se estudia?

Ecosistema, comunidad, especie, genes, entre otros términos que se nombraron para definir los niveles de organización de la biodiversidad, son conceptos extremadamente útiles para desarrollar nuestro conocimiento y percepción del ambiente natural y, a la vez, muy difíciles de definir. ¿Por qué? Por un lado, no son cosas tangibles y fácilmente identificables como una manzana o un perro. Es decir, si hacemos referencia a un determinado ecosistema debemos considerar que se trata de algo abstracto, teórico, sujeto a debate entre las personas que lo estudian y definen. En cambio, cuando existe una contraparte empírica tangible, como una manzana, el debate es menor y resulta comparativamente más sencillo ponerse de acuerdo sobre la referencia y significado de un término.

Además, los límites de las entidades que se quieren circunscribir a través de estos conceptos (por ejemplo, ecosistema) son aún más difíciles de definir porque se trata de sistemas complejos. Para abordarlos existe una pluralidad de aproximaciones metodológicas, ontológicas y gnoseológicas, que deriva en cierta ambigüedad de los términos. Por ejemplo, ecosistema y comunidad, son conceptos que resulta com-

plicado diferenciar porque se definen de manera parecida, ya que se utilizan varias palabras en común. Un ecosistema puede ser definido como “la comunidad de organismos en una determinada área y los factores físicos con que esos organismos interactúan” y una comunidad como “el grupo de poblaciones de diferentes especies de organismos en una determinada área y sus interacciones” (Reece et al., 2011). Esto implica que si algo es difícil de definir o se disponen de distintas definiciones para un mismo término, será complicado establecer sus límites de manera unívoca y, en consecuencia, no será fácil la comunicación ni la posibilidad de profundizar su conocimiento.

En resumen, y volviendo a la pregunta planteada, un ecosistema puede definirse de distintas maneras según los criterios que se utilicen. Eugene Odum, quien es considerado un ecólogo pionero, propuso la siguiente definición para ecosistema: “toda unidad que incluya a todos los organismos (la comunidad) de una zona determinada interactuando con el entorno físico, de manera que se posibilite el intercambio de materiales entre las partes vivientes y no vivientes dentro del sistema, es un ecosistema” (Odum, 1971). Aquí, se interpreta que el término ecosistema es más comprensivo que comunidad, porque este último queda restringido a los organismos del sistema. Pero ¿qué sería una zona determinada? Podría ser desde una charca a la Tierra completa. Lo mismo ocurre con el concepto de comunidad, ya que también se utiliza este término de manera ambigua, pudiendo interpretarse, como todos los organismos de una determinada área (una laguna, un bosque, etc.) o bien una parte de esos organismos (comunidad de plantas, comunidad de artrópodos, etc.).

Un argumento pragmático sería que los límites para el concepto de ecosistema o comunidad en una determinada circunstancia los fija el ecólogo de acuerdo a las necesidades de su trabajo. Entonces, un ecosistema podría ser desde un tacho con basura orgánica, tierra y todos los organismos con sus interacciones, o bien una laguna, un bosque o un río. ¿Este criterio nos ayuda? Un poco, ya que permite desarrollar un estudio, pero no resuelve los problemas de percepción y conceptualización o las posibilidades de reflexión y entendimiento entre distintos actores sociales. Pero, ¿por qué es importante insistir en una definición precisa de estos conceptos? Principalmente, porque es necesario poder entender a qué hacemos referencia cuando los mencionamos en el ámbito educa-

tivo, científico, legislativo o ejecutivo frente, por ejemplo, a un proceso ubicuo como la pérdida acelerada de biodiversidad. Esto hace que los términos adquieran relevancia social y política para instrumentar mecanismos que permitan su conservación. Por ello, surge la necesidad de identificar los distintos ecosistemas y distinguirlos claramente. Así, por ejemplo, en 1992 se suscribe en Río de Janeiro (Brasil) un convenio para preservar la diversidad biológica y se establece que resulta prioritaria la protección de los ecosistemas, los hábitats naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales, definiendo al ecosistema como un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional. En conclusión, los ecosistemas se pueden conceptualizar y estudiar desde distintas perspectivas en base a los componentes y propiedades que se consideren. Al igual que en el caso de la definición de biodiversidad, el concepto de ecosistema es complejo, polifacético, equívoco y poco preciso, y, por lo tanto, puede ser interpretado, definido, documentado o representado de diferentes maneras. Entonces, como es difícil llegar a un único concepto de ecosistema, podemos comenzar por hacer aproximaciones a partir de preguntas como las siguientes: ¿Cómo se caracteriza un ecosistema?, ¿Qué propiedades posee?, ¿Cuáles son sus componentes? Con este enfoque, podemos aproximarnos a la complejidad del concepto a través de distintas definiciones operacionales. Algunas de las formas más comunes de conceptualizar y estudiar los ecosistemas son:

a) Los ecosistemas conceptualizados a través de redes: cuando la caracterización se basa en las propiedades energéticas del ecosistema, se pueden analizar los elementos bióticos que lo componen, integrados, por ejemplo, a través de *redes tróficas*. Por este término entendemos el intercambio de nutrientes o energía que ocurre entre distintos grupos de organismos. Por ejemplo, el sol aporta energía y posibilita que las plantas fotosinteticen (productores primarios), luego un animal herbívoro consume la vegetación (consumidor primario), un animal carnívoro consume al herbívoro (consumidor secundario) y, finalmente, insectos, bacterias y hongos consumen los restos de los productores y consumidores (descomponedores). Según este enfoque, un ecosistema puede ser conceptualizado y estudiado a través del análisis de las relaciones alimentarias que en él se producen. Como sistema complejo que es, cualquier

variación en un componente repercutirá en todos los demás. Por eso es importante conocer cómo son las relaciones que se establecen entre los componentes de las diferentes redes tróficas de un ecosistema.

b) Los ecosistemas conceptualizados a través de los ciclos de la materia y los flujos de energía: un ecosistema también se compone de elementos abióticos que se vinculan a través de las interacciones entre los seres vivos con el medio abiótico. Estas interacciones pueden simplificarse para analizar ciclos de nutrientes (o ciclos de la materia) y flujos de energía entre compartimientos de las redes tróficas y evaluar el funcionamiento del sistema como un todo. Es decir, a través de esta simplificación, se puede evaluar cómo la energía o los elementos químicos presentes en los seres vivos (por ejemplo, carbono, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, oxígeno) van circulando por las redes tróficas. Las plantas, bacterias y hongos los incorporan desde la atmósfera o el suelo y se agregan en moléculas orgánicas (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos). Luego, pasan a los animales cuando consumen plantas u otros animales, para finalmente reiniciar el ciclo cuando los elementos químicos vuelven a la tierra, la atmósfera o el agua por distintos procesos (respiración, descomposición de las heces o cadáveres, etc.). De esta forma encontramos en todo ecosistema ciclos de la materia cuyo estudio permite interpretar su funcionamiento.

En este mismo sentido, también puede ser interesante conocer los flujos de energía que ocurren entre los niveles tróficos. La energía fluye a través de una cadena alimentaria sólo en una dirección: va siempre desde el sol a los productores, luego a los consumidores y finalmente a los descomponedores. La energía entra en el ecosistema en forma de energía luminosa y se va perdiendo en forma de energía calorífica que permite mantener el ecosistema en funcionamiento. Al estudiar los ecosistemas desde este enfoque, la atención se centra en el conocimiento de las relaciones energéticas entre los integrantes de los niveles tróficos, más que en las características particulares de cada componente. Los seres vivos son abordados desde la función trófica que tienen en el ecosistema. Por ejemplo, es indiferente, en cierta forma, que en un ecosistema determinado el depredador sea un puma o un pez puesto que la función que cumplen en el flujo de energía y en el ciclo de los materiales es similar.

c) Los ecosistemas conceptualizados a través de las interacciones biológicas: desde esta perspectiva se enfatiza el análisis de las propiedades de la red de interacciones del sistema. En particular, aquellas propiedades que permiten agrupar organismos (especies, poblaciones de especies) según su afinidad trófica o que muestran las interacciones inter-específicas o entre los organismos y el medio abiótico. Por ejemplo, la polinización y la dispersión de semillas efectuada por animales son procesos ecológicos que involucran interacciones entre organismos. Cuando se produce una interdependencia entre esos organismos y ambos se benefician, la interacción es definida como mutualista. Entre las interacciones mutualistas planta-animal más ampliamente distribuidas, se encuentran la polinización y la dispersión de frutos y semillas por los animales. Las plantas producen frutos y semillas al recibir polen que trasladan los polinizadores y que les permiten perpetuarse como especie, mientras que los animales obtienen alimento de las flores (néctar, por ejemplo) o los frutos que les permiten crecer y reproducirse. Miles de especies de polinizadores y dispersores de semillas, diurnos y nocturnos, interactúan todos los días y a toda hora con cientos o miles de especies de plantas. Esta situación contrasta con la percepción humana de estos mutualismos, que usualmente es restringida a una sola especie de polinizador, la abeja de la miel. Que la abeja doméstica sea común, no quiere decir necesariamente que sea un polinizador eficiente; por el contrario, hay datos que indican que resulta un fuerte competidor para los polinizadores nativos, lo cual determina una disminución en la producción de frutos y semillas de muchas plantas del ecosistema.

Es común que se dedique atención y esfuerzos cuando están en riesgo de extinción componentes de la biodiversidad que son visibles o carismáticos (como el cóndor o el yagareté). Sin embargo, a veces es mucho más grave para un ecosistema que se afecten componentes que no se perciben fácilmente, como los insectos que intervienen en muchas redes de interacciones biológicas o los hongos o microorganismos del suelo que interaccionan con plantas del bosque o cultivos.

Vale aclarar que estas son algunas de las perspectivas y definiciones sobre ecosistemas que permiten desarrollar las ideas para el contexto de este libro, pudiendo encontrarse definiciones más complejas. Por ejemplo, es muy importante, aunque muy infrecuente, incluir en la caracterización de los ecosistemas no sólo los componentes naturales sino

también los componentes culturales, configurados por sus respectivos entornos materiales, interpretativos, valorativos y biotecnológicos, los que se representan en el círculo externo de la Figura 1. Lo importante es que cuando se quiere circunscribir o clasificar un ecosistema, el autor explicita los criterios, fundamentos y argumentos que tiene en cuenta para definirlo. De esta manera, se mejora la comunicación, la reflexión y la profundización del conocimiento.

1.4. ¿Las ciudades son ecosistemas?

Algunos autores conceptualizan a las ciudades como ecosistemas urbanos porque incluyen distintos grupos de organismos, un medio físico que se va modificando por las actividades que tienen lugar en la ciudad y porque funciona intercambiando materia y energía. En este caso, se podría aceptar como un ecosistema artificial muy simplificado, en el cual una especie (el humano) es dominante y, además, es la que determina el medio físico con el que interactúan el resto de los organismos vivos, controlando los flujos de energía y materia dentro del sistema. El modelo de intercambio de materia y energía de una ciudad es muy distinto al de un ecosistema natural, en el que el ciclo de la materia y la energía es principalmente vertical (es decir, fluye desde los productores, a los consumidores primarios y secundarios) e interno (es decir, una vez iniciado el ciclo de energía o materia no necesita de aportes que provengan del exterior del ecosistema). En un ecosistema urbano, en cambio, para que se pueda mantener o desarrollar el ecosistema, la mayor parte de la energía (por ejemplo, eléctrica) y la materia (comida, combustible, etc.) provienen de fuentes externas a la ciudad.

Sin embargo, lo que tiene que quedar en claro es que las ciudades no son ecosistemas naturales. En nuestra opinión, considerar a las ciudades como ecosistemas es una metáfora desafortunada, a partir de la utilización de términos desarrollados para la ecología, más que una buena homología con el nivel de organización de la biodiversidad natural.

2. ¿Cómo es la diversidad ecosistémica de la Provincia de Córdoba?

Como se mencionó más arriba, existen distintos conceptos para definir un ecosistema y cada uno admite variantes para producir criterios que permitan circunscribirlos y clasificarlos. Independientemente de cómo se clasifiquen los ecosistemas, podemos decir que la Provincia de Córdoba posee una gran diversidad ecosistémica representada por ambientes que varían ampliamente en su orografía, hidrografía, geología, vegetación, fauna y clima.

Una forma de clasificar la diversidad de ecosistemas de Córdoba podría ser separando ambientes acuáticos y terrestres. A los primeros los podemos dividir en lénticos, en los que el agua se encuentra estancada, como una charca o un lago, y lóxicos, en los que el agua se desplaza, como un río o un arroyo. Existe una gran diversidad de ecosistemas naturales acuáticos en Córdoba, dentro de la cual se pueden mencionar numerosos ríos y arroyos (por ejemplo, el Río Suquía o el Ctalamo-chita), lagunas (por ejemplo, Mar de Ansenusa y bañados y lagunas del este y sur de la provincia).

Para clasificar los ecosistemas terrestres, tradicionalmente se ha utilizado el criterio basado en la fisonomía de la vegetación dominante, considerando también características del ambiente físico (altitud, tipo de suelo, precipitaciones anuales, etc.). Córdoba posee también una gran diversidad de ecosistemas con características muy particulares como, por ejemplo, los pastizales de altura, los bosques de tabaquillo, los bosques ribereños, los palmares de Traslasierra o las Salinas Grandes.

Otra forma de clasificar los ecosistemas de Córdoba es considerar las diferencias entre ecosistemas artificiales o altamente modificados por el hombre y ecosistemas naturales. Un ejemplo de ecosistemas altamente modificados por el hombre son las grandes extensiones de campos con cultivos (como soja, maíz o trigo) o dedicados a la ganadería, los que podemos denominar como agro-ecosistemas. Entre los ecosistemas naturales que ocupaban el territorio provincial se pueden distinguir tres: Chaco, Espinal y Pampa (<http://mapoteca.educ.ar/secuencia/climas-y-biomas-de-la-provincia-de-cordoba/>). A su vez, estos grandes ecosiste-

mas se pueden subdividir en otros, considerando sus particularidades bióticas y abióticas. Por ejemplo, dentro del ecosistema del Chaco se puede distinguir el Chaco Serrano, el Chaco Árido u Occidental y el Chaco Húmedo u Oriental.

En la actualidad, esos ecosistemas naturales descritos por Lorentz (1876) y también por Río y Achával (1904), es decir, hace poco más de un siglo, han sido dramáticamente modificados por las actividades humanas. De las numerosas especies autóctonas de plantas y animales que fueron citadas en esas descripciones, muchas han desaparecido o son bastante raras en la actualidad. Y no sólo ha cambiado la composición de especies, sino también su abundancia y la fisonomía del paisaje. Esos bosques continuos de enorme diversidad biológica que cubrían todas las sierras y bajaban a los valles, han sido reemplazados por tierras cultivadas o dedicadas a la ganadería, arrasadas por incendios y la tala. Durante los últimos 100 años se ha perdido la mayor parte de la superficie de bosques nativos de la Provincia, siendo alarmante la tasa de deforestación que ha sido registrada en Córdoba durante los últimos 15 años (una de las más altas del mundo).

Sin embargo, los escasos fragmentos de bosque que quedan inmersos en matrices urbanas o de monocultivos, poseen una gran diversidad biológica. Aún resta mucho por conocer sobre los flujos de energía y materia y las interacciones entre los organismos que sobreviven en estos relictos de ecosistemas naturales. Estos conocimientos permitirán realizar una clasificación actualizada de los ecosistemas de Córdoba y una evaluación de la dimensión de las consecuencias que han tenido las actividades antropogénicas sobre el funcionamiento de los ecosistemas debido a la enorme pérdida de biodiversidad registrada en la Provincia.

3. ¿Cuáles son los principales factores que condicionan la conservación de los ecosistemas de Córdoba?

Los cambios de la vegetación o del uso del suelo y la degradación de la fauna silvestre en la Provincia de Córdoba se basan en decisiones, acciones u omisiones respecto a la naturaleza, realizadas, a lo largo de la historia, por cada persona o por la sociedad (a través de sus representantes). Estas decisiones y acciones no sólo dependen de cuáles recursos natu-

rales existen en cada lugar, sino que también están relacionadas con múltiples factores socioeconómicos, políticos, científico-tecnológicos, culturales y climáticos que, actuando a diferentes escalas temporales y espaciales, conducen directa o indirectamente a la pérdida de ecosistemas naturales. Entre ellos, los principales son:

I. Factores indirectos:

a) Cambios en el estilo de vida de la población: el aumento del consumo per capita de los servicios ecosistémicos (por ejemplo: agua, energía, alimentos) aumenta la presión sobre los ecosistemas y la biodiversidad. En especial, debido al cambio en los sistemas de alimentación, cada vez es mayor la demanda mundial de proteínas de origen animal y vegetal. Por lo tanto, es esencial la implementación de políticas públicas orientadas a definir cómo, cuándo y bajo qué condiciones se integra un país al resto del mundo, siendo fundamentales las consideraciones referidas a la sostenibilidad ambiental, económica y social de dichas políticas.

b) Factores económicos: el modelo productivo que permanece casi sin variaciones en América latina desde hace 500 años, se ha radicalizado aún más en las últimas décadas, convirtiendo a la Argentina en productor de materias primas para otras regiones del mundo. Este modelo de producción, basado en la sobreexplotación de los recursos naturales, justifica el avance de la agricultura pampeana sobre las economías regionales y las zonas extra-pampeanas de vegetación natural. En este modelo de producción extractivista, de acumulación por despojo de territorio, bienes comunes y culturas, no importa demasiado la destrucción de la diversidad biológica. En efecto, es un modelo que se basa en maneras de producir en las que hay una deconstrucción del concepto de biodiversidad como bien común.

c) Factores políticos y sociales: la forma en que cada sociedad cuida o destruye su ambiente natural depende en gran medida de su forma de distribuir el poder. Es decir, la conservación o destrucción de la biodiversidad depende, en gran medida, del modo de relación con el mundo natural que promueven las personas que ejercen el poder económico y político en cada sociedad. En Argentina, la siempre creciente concentración del poder político y el capital económico y natural en una peque-

ña fracción de la población, y el origen europeo de esa clase dominante, ha contribuido a la devastación de nuestros ecosistemas naturales.

d) Factores culturales: nuestro país y toda América latina están signados por una larga convivencia (desigual) entre dos culturas, dos cosmovisiones que influyen en gran medida la valoración que los individuos poseen sobre la conservación de la biodiversidad. Desde la conquista de América, el eurocentrismo y la economía de mercado han desconocido, subvalorado, silenciado o invisibilizado las cosmovisiones de la pluralidad de pueblos originarios. En la tradición filosófica de la civilización occidental, la naturaleza y las sociedades humanas están disociadas, como si fueran dos mundos separados, distintos. La naturaleza es conceptualizada como un objeto de conocimiento, de uso y explotación. Esta visión genera la degradación y homogeneización de extensas regiones y sus ecosistemas. Los ambientes naturales son reemplazados por sistemas de producción-urbanización artificiales que se valorizan como superiores al sistema natural. En esta visión utilitarista de los ecosistemas parece hasta una consecuencia lógica que se pierdan, por ejemplo, bosques nativos con alta complejidad para poder ampliar la frontera agrícola-ganadera o generar nuevas urbanizaciones. La cosmovisión dominante en nuestra sociedad se mantiene casi igual que en la Europa medieval, en donde la sociedad tenía un gran temor por todo lo que representaban los ambientes naturales por el hecho de no poder dominarlos. En contraste con las cualidades y apariencia ordenada del paisaje agrícola, los ecosistemas naturales, fueron y son considerados hostiles y su degradación se presenta como progreso.

e) Factores climáticos: actualmente, y a lo largo de nuestra historia, cambios estacionales del clima han promovido cambios definitivos en nuestros ecosistemas naturales. Por ejemplo, un nuevo “ciclo húmedo”, de pocos años de duración, sigue promoviendo la difusión de cultivos agrícolas en el Chaco Seco, con la consiguiente pérdida definitiva de bosques nativos. Por otro lado, los cambios climáticos provocados por las actividades humanas también podrían condicionar la conservación de la biodiversidad. Los mayores niveles de dióxido de carbono y las temperaturas más elevadas podrían conducir a fluctuaciones impredecibles de las poblaciones, incrementando la abundancia de algunas especies o provocando la extinción de especies raras.

f) Desarrollo de la ciencia y la tecnología: las nuevas tecnologías pueden, por un lado, incrementar la eficiencia en el uso de los recursos y contribuir a la conservación de los ecosistemas naturales. Sin embargo, de igual manera, pueden facilitar los mecanismos para intensificar la explotación de los recursos y producir su degradación. Por otra parte, la ignorancia respecto a la importancia de conservar nuestros ecosistemas naturales no es una causa directa de su degradación pero sí es un condicionante de no defensa en la mayoría de la población cordobesa. En este sentido, resulta fundamental no sólo la producción, sino también la comunicación pública del conocimiento científico, el cual puede proveer una pluralidad de modelos cognitivos acerca del mundo natural y de nuestra relación con él, contribuyendo a desarrollar el pensamiento crítico y a tomar (o exigir de los gobernantes) decisiones compatibles con la conservación de los procesos evolutivos e históricos que son constitutivos de la diversidad biológica y cultural.

II. Factores directos:

a) Cambios del uso de la tierra: la expansión descontrolada de la frontera agropecuaria es una de las principales causas de la pérdida de diversidad ecosistémica en la Provincia de Córdoba. Además, la agricultura extensiva productora de materias primas de exportación desplazó, en gran medida, la actividad ganadera a otras zonas no aptas para el cultivo de soja. Asimismo, este “corrimiento” de la frontera agropecuaria impacta negativamente sobre la diversidad cultural, desplazando la población campesina principalmente a la periferia de áreas urbanizadas.

b) Contaminación: los aumentos de nitrógeno, fósforo, azufre y otros nutrientes en los ecosistemas de la Provincia de Córdoba que son provocados por las actividades del hombre derivan en la eutrofización de lagos y embalses y la contaminación general por biocidas, residuos urbanos o fabriles, los que se vierten en grandes cantidades en los ecosistemas naturales. La sustitución de bosques nativos por monocultivos ha generado una creciente utilización de agroquímicos los cuales pueden producir consecuencias graves sobre la salud humana y efectos letales o sub-letales en las comunidades naturales inmersas en los agro-ecosistemas. La sistemática aplicación de insecticidas y plaguicidas no discrimina entre las especies perjudiciales y beneficiosas que interactúan con un cultivo. Entre ellas los polinizadores y dispersores

de semillas que no sólo son importantes en la reproducción de la flora silvestre, sino también que juegan un papel fundamental en la producción de frutos y semillas de cultivos que posibilitan nuestra propia supervivencia (por ejemplo, zapallos, melones, frutales, etc.). El beneficio de contar con el servicio de los polinizadores raramente es considerado por agricultores, economistas o legisladores.

c) Invasiones biológicas: la abundancia y distribución de especies exóticas invasoras se ha incrementado en forma alarmante debido al aumento del comercio, el turismo y otras actividades que el hombre realiza en los ecosistemas naturales. Entre los animales introducidos en el centro de Argentina y que sus poblaciones crecieron exponencialmente merecen destacarse, obviamente, el ganado bovino, pero también perros, liebre europea, abeja melífera, paloma doméstica, trucha, entre muchos otros (Capítulo 6). Entre las plantas, casos muy problemáticos lo constituyen la zarzamora, el siempre verde y la espina corona (Capítulo 5). Las consecuencias de las invasiones biológicas son, en muchos casos, impredecibles ya que pueden modificar ecosistemas naturales en un lapso muy corto de tiempo, resultando extremadamente costoso o imposible erradicar las poblaciones una vez establecidas.

d) Sobreexplotación: el uso intensivo y no sustentable de la tierra es una de las principales causas de pérdida de biodiversidad. El sobrepastoreo, la caza y el tráfico de fauna silvestre o la extracción descontrolada de madera, son algunos ejemplos.

e) Uso indiscriminado del fuego: en la Provincia de Córdoba los incendios son recurrentes durante la estación seca debido a distintos factores que actúan en forma sinérgica. Prender fuego forma parte de una práctica cultural para “reverdecer pastizales” o para “limpiar terrenos”, pero también numerosos incendios se originan por negligencia o cuando, intencionalmente, se queman los residuos en los basurales a cielo abierto de numerosas comunas. Con los incendios recurrentes se pierden paisajes, casas, ganado, fuentes de trabajo y acceso al agua y aire limpios.

f) Expansión de las ciudades y la infraestructura: una de las principales amenazas para los ecosistemas naturales de Córdoba la constituye no sólo el crecimiento poblacional sino, en particular, la expansión de las urbanizaciones sin una planificación estratégica que involucre una

pluralidad de intereses, no sólo los económicos. La ausencia de un ordenamiento territorial acorde al contexto relicto de algunos ecosistemas (como por ejemplo, el Bosque Serrano) permite que las nuevas urbanizaciones se desarrollen justamente en los escasos relictos de ambientes naturales que aún quedan en la Provincia.

g) Deficiencias en la aplicación de la legislación ambiental: la sociedad cordobesa cuenta con una profusa normativa ambiental en los niveles nacional, provincial y municipal. Sin embargo, esta legislación ambiental, en general, no es efectiva puesto que no va acompañada por la voluntad política de cumplirla y hacerla cumplir. Las presiones de los grupos de poder económico o la ignorancia pueden más que las leyes que protegen bienes comunes.

Es importante tener en cuenta que, en la mayoría de los casos, las amenazas a la diversidad biológica son sinérgicas. Es decir, varios factores independientes pueden potenciarse en forma aditiva o multiplicativa. Por ejemplo, el fuego es mucho más difícil de controlar en una plantación de pinos o en un pastizal que en un bosque nativo. Sin embargo, existe una marcada tendencia tanto en el público general, como en los mismos científicos, a separar los distintos problemas ambientales y a ignorar sus efectos sinérgicos.

4. ¿Por qué es importante conservar la diversidad ecosistémica?

Para responder esta pregunta, se han desarrollado argumentos económicos, ecológicos, éticos, morales y estéticos. Estos razonamientos se basan en los valores que asigna cada sociedad a la conservación de la biodiversidad. Además, es importante tener en cuenta que la valoración de la biodiversidad es contexto dependiente, es decir, que el mismo servicio ecosistémico o componente de la biodiversidad que es muy valorado por una sociedad, puede no ser valorado por otras sociedades o grupos de personas. Por lo tanto, para conservar la biodiversidad es necesario indagar en la diversidad de valores que una sociedad defiende y jerarquiza de distintas maneras para poder analizar las actitudes y modos de interacción con la naturaleza que muestran las personas.

En nuestra sociedad coexiste una pluralidad de miradas respecto a por qué conservar la biodiversidad, según las distintas valoraciones de los actores que la componen. Algunas valoraciones de la biodiversidad son más dominantes que otras. Entre ellas se encuentran las siguientes:

I. Valoración instrumental o utilitaria: argumentos económicos y ecológicos

a) Valor económico: los ecosistemas de un país representan su capital natural. Muchos países, como Argentina, que parecen tener una impresionante ganancia económica, pueden en realidad tener un balance económico negativo cuando se incluyen en los cálculos económicos el agotamiento de sus recursos naturales y los costos ambientales de sus actividades productivas. Si los límites impuestos por la sustentabilidad de las actividades productivas siguen sin ser respetados, Argentina, y en particular la Provincia de Córdoba, conseguirá satisfacer las demandas actuales sobre la base de la “liquidación o venta” de su capital natural, situación que no podrá mantenerse en el tiempo, afectando las futuras generaciones.

a.1) *Valor económico directo*: es el valor asignado a los productos obtenidos del ecosistema. Los valores de uso directo se dividen en: i) valor de uso de subsistencia: para aquellos bienes que se consumen localmente y no se compran ni se venden. Muchas comunidades rurales de Córdoba subsisten consumiendo una gran variedad de especies silvestres (comestibles, medicinales, combustibles o rituales) que obtienen de su ambiente circundante y que les permiten una vida autónoma y la satisfacción de sus necesidades básicas; ii) valor de uso productivo: se asigna a los productos que se obtienen del ambiente y que se venden en los mercados comerciales nacionales e internacionales. Es muy grande la variedad de productos que pueden ser obtenidos. Por ejemplo, de los bosques nativos se extraen numerosos productos que se venden, como leña, carbón, madera para construcción y postes, carnes de animales silvestres, plantas medicinales, hongos, frutos y plantas comestibles, fibras, lana, miel, cera de abejas, tinturas naturales, forraje, entre muchos otros.

a.2) *Valor económico indirecto*: es el valor que tienen los beneficios provistos por la diversidad biológica (o servicios ecosistémicos) y que no implican cosecha o destrucción del recurso (por ejemplo: descomposición y ciclado nutrientes, evapotranspiración, formación de suelos, regulación de la cantidad y calidad del suministro de agua, polinización y dispersión de semillas, producción de oxígeno, regulación del clima, etc.). Si bien estos servicios resultan esenciales para la vida y el bienestar humanos, aún no se compran ni se venden, no tienen asignado un valor monetario por el mercado, por lo tanto no son, en general, considerados en las economías de los países. Esto determina que no se los valore al momento de tomar decisiones que involucran la gestión de los recursos y, en particular, la conservación de la biodiversidad. Existe en la actualidad gran cantidad de estudios científicos y evidencia empírica que ponen de manifiesto la estrecha relación entre la conservación de la biodiversidad y el funcionamiento adecuado de los ecosistemas. Por lo cual, incluso desde un punto de vista monetario y utilitarista, queda ampliamente justificada la protección de la integridad biótica de los ecosistemas naturales.

b) *Valor educativo y científico*: el contacto directo con la diversidad biológica es imprescindible en las experiencias educacionales que pretenden motivar o recuperar el sentido de respeto por los demás seres vivos. Del mismo modo, la disponibilidad de ambientes naturales es decisiva para el desarrollo del conocimiento científico. Por ejemplo: la estructura altamente compleja que caracteriza a la mayoría de los compuestos bioactivos que ocurren naturalmente en las plantas, sería imposible de conocer y producir aun cuando utilizáramos las más avanzadas tecnologías.

c) *Valor de opción*: refleja el deseo de la sociedad o de los individuos de conservar especies o ambientes naturales completos por los eventuales beneficios que pudieran brindar en el futuro. En la medida en que las necesidades humanas cambian, también lo hacen los modos de satisfacerlas y la solución puede radicar, por ejemplo, en especies no valoradas previamente. El valor de opción corresponde no sólo a los posibles valores futuros de las especies conocidas, sino también a los posibles valores futuros de las especies, u otros componentes de la biodiversidad, no conocidos.

II. Valoración intrínseca o inherente: argumentos éticos, morales y estéticos

a) Valor de existencia: está definido por el respeto del derecho a vivir o existir de otros seres vivos. Este valor expresa un respeto moral por la vida independientemente del uso directo o indirecto que realice el ser humano. También es llamado valor inherente o intrínseco, es decir, que la biodiversidad tiene un valor en- y por sí misma. Por lo tanto, existe la obligación ética de conservar la biodiversidad. Aunque el valor intrínseco o inherente de un humano es raramente cuestionado, la mayoría de las personas cuestiona el valor intrínseco de las entidades no humanas o de toda la naturaleza.

b) Valor como bien común: según esta valoración, la biodiversidad es considerada como un bien común, es decir, como un bien que pertenece a los comunes y a las generaciones futuras. Forma parte del patrimonio natural de un lugar. Los bienes comunes trascienden a los bienes particulares, no se compran ni se venden, no son negociables, precisamente porque son comunes. A veces, dentro de la idea de conservación de la biodiversidad sustentada en valoraciones económicas, el concepto de patrimonio natural es confundido con el concepto de capital natural. Cuando se consideran a las especies nativas como integrantes de nuestro capital natural, la naturaleza es valorada dentro de la lógica del mercado y su conservación es considerada como una inversión para conservar justamente ese capital que nos pertenece. A diferencia del anterior, el concepto de patrimonio natural parte de reconocer a la biodiversidad como sujeto de valor. El concepto de patrimonio natural remite a la idea de naturaleza como legado que recibimos de nuestros antepasados y que deberíamos ofrecer intacto a nuestros hijos. Supone una responsabilidad no ligada a la propiedad, rescata la pluralidad de valoraciones, y concibe a la conservación de la biodiversidad, no como una inversión, sino como un fin en sí mismo.

c) Valor estético: proviene del deseo y satisfacción por experimentar la belleza inherente a la biodiversidad y la continuidad de la vida en sus ciclos naturales. La pérdida de biodiversidad hace que ese mundo natural cambie en forma impredecible. Esto crea incertidumbre y produce tristeza. Los ecosistemas naturales tienen un alto valor recreativo, en ellos se puede pasear, descansar o reflexionar. De esta forma contribuyen directamente a la calidad de vida de los seres humanos, ya

que sostienen el interés y el valor por la vida y mantienen la diversidad cultural, ya que son parte constitutiva de nuestra identidad.

Asimismo, si distintos actores sociales intentaran responder la pregunta ¿por qué es importante conservar la biodiversidad?, quizás no pensarían en forma directa sobre las valoraciones sino en qué se pierde cuando perdemos ecosistemas naturales. Un productor del agro-negocio quizás pensaría en que no pierde demasiado, puesto que dispondría de mayor superficie para sus cultivos que tendrán mayor valor monetario que la eventual explotación del ecosistema natural. Una persona instruida posiblemente contestaría que la sociedad estaría perdiendo bienes comunes, un economista pondría de manifiesto la pérdida de recursos no renovables. Un campesino, un integrante de pueblos originarios o una persona común y sensible de una gran ciudad, sentiría que pierde su propia vida, porque, al igual que todos los demás seres vivos, se siente una parte indivisible de esa biodiversidad que se pierde con el ecosistema y que el humano no puede, aunque quiera, volver a construirlo o reemplazarlo.

La supervivencia de las poblaciones humanas condiciona y, a la vez, está condicionada por cada uno de los componentes de la biodiversidad. Por lo tanto, la biodiversidad y el bienestar de las poblaciones humanas están fuertemente ligados (Rozzi, 2001). Con la pérdida de la diversidad biológica se va perdiendo progresivamente la seguridad alimentaria y sanitaria, la autonomía, las buenas relaciones sociales, la identidad cultural. La pérdida de biodiversidad genera desigualdad y pobreza. En consecuencia, la conservación de la biodiversidad no se limita simplemente a un sentimiento romántico o a una preocupación intelectual, sino que es esencial para asegurar opciones para el futuro de la región.

5. ¿Cómo conservar los ecosistemas de Córdoba?

La Provincia de Córdoba cuenta con relictos de su diversidad ecosistémica originaria y, también, con un gran potencial productivo en tierras transformadas en agro-ecosistemas. Pero para que se conserven los ecosistemas naturales y se desarrollen las actividades productivas, es indispensable cambiar la forma en que los ciudadanos y el Estado interactúan con los distintos ecosistemas naturales y transformados.

Un primer paso para trabajar en opciones que consideren la conservación de la biodiversidad de Córdoba es cuestionar algunos puntos de vista de actores sociales que tienen posiciones dominantes y que se han naturalizado. Sería importante reconocer que en la sociedad cordobesa existe una diversidad de valores y modos de vida que determinan alternativas posibles para poder relacionarnos con el ambiente desde nuevas perspectivas. El reconocimiento de esta diversidad permite visualizar que no es toda la sociedad cordobesa la que engendra las enormes amenazas sobre la biodiversidad, sino que los problemas ambientales derivan de algunas percepciones y prácticas particulares. Indagar y reflexionar sobre estas percepciones sobre el mundo natural, muchas de ellas naturalizadas en la cultura, ayuda a: i) explicar el origen de las acciones que los individuos desarrollan en su ambiente natural, ii) identificar aquellos modos de vivir que producen los problemas ambientales, iii) predecir los conflictos sociales y las consecuencias ambientales de las distintas maneras de habitar el mundo y iv) repensar y modificar nuestros modos de relacionarnos con la naturaleza para superar esta crisis de civilización.

Estas miradas alternativas que coexisten en nuestra sociedad incluyen éticas de los pueblos originarios que albergan una prolongada historia de interacciones con los ecosistemas naturales de nuestra región. Estas cosmovisiones se basan en una concepción compleja del mundo, en donde las relaciones se desarrollan entre una pluralidad de sujetos y se asientan en la reciprocidad. La unidad básica es la comunidad, no el individuo. Estos modos de vida alternativos a la economía de mercado, profundizan los sentimientos de pertenencia e identidad y promueven el bien común y una cultura emancipadora.

Otro punto importante para considerar es que, si bien los esfuerzos conservacionistas centrados en una o algunas especies carismáticas son loables, es indispensable desarrollar un entendimiento profundo del concepto de biodiversidad en su perspectiva amplia y compleja. De no lograrse, se continuará con acciones desacertadas y una percepción distorsionada de lo que realmente se pierde cuando desaparecen los ecosistemas. Además de la preservación de las especies o las comunidades en forma aislada, sería más eficiente centrar el objetivo de la conservación biológica en posibilitar la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos en niveles de organización más inclusivos, como el ecosis-

témico. Como hemos ido reflexionando a lo largo de este capítulo, los problemas que afectan estos sistemas complejos necesitan acciones y respuestas complejas. Es decir, para estudiar la biodiversidad, entenderla y proponer prácticas adecuadas de conservación, es fundamental tener presente que la diversidad ecosistémica es compleja, multidimensional y que no puede ser simplificada. Su estudio debe ser abordado desde una perspectiva integrada, con sus distintos niveles de organización, considerando, además, distintas escalas temporales y espaciales.

Las relaciones que se producen entre los diferentes componentes de la biodiversidad y sus estructuras y funciones no son simples. La extinción de cualquiera de los componentes de la biodiversidad es irreparable. La extinción local o global de una especie no sólo significa que su información genética y su combinación especial de caracteres se pierden para siempre, sino que también puede tener consecuencias sobre las otras especies con que interactúa en la comunidad o sobre los flujos de energía y nutrientes en los ecosistemas. De esta forma, se pueden extinguir procesos ecológicos completos, cambiando la estructura, composición y función de las comunidades. Los ecosistemas, por ejemplo el Bosque Chaqueño, al igual que las especies, o las personas, son componentes de nuestra biodiversidad. Si no quedaran más cóndores, por ejemplo, nadie pensaría que sería posible restaurar esa especie a partir de otras especies de aves que sobrevivan. De igual manera, el bosque sólo se reconstruye a partir del mismo bosque. Cuando no haya más bosque, no se podrá reconstruir a sí mismo. Entonces, es fundamental tener presente que las actividades de restauración incluyen, en general, acciones para restablecer servicios ecosistémicos de alta demanda que han disminuido con la degradación del ecosistema. Es decir, plantamos árboles para evitar la erosión del suelo o para tener agua en las ciudades. Pero no podemos restaurar un bosque, es decir volver a poner el bosque en el estado que antes tenía. La biodiversidad no puede ser recreada y es por ello que debería estar siempre presente el principio de precaución en la toma de decisiones.

En las palabras de Edward Wilson, “una sociedad se define no sólo por lo que crea sino también por lo que decide no destruir”. Es decir, el futuro de nuestra sociedad depende no sólo de lo que hagamos para conservar nuestra biodiversidad, sino de las decisiones que tomemos para no destruirla. Es urgente diversificar los criterios que guían la toma

de decisiones políticas, económicas y ambientales. Descubrir que existe una diversidad de maneras en que los seres humanos nos relacionamos con el mundo natural es fundamental para generar ciudadanía y exigir el reconocimiento del derecho a un medio ambiente adecuado.

En este sentido, la escuela secundaria puede proveer nuevos modelos cognitivos acerca el mundo natural y de nuestra relación con él, promoviendo el pensamiento crítico en las distintas instancias educativas y motivando la reflexión sobre la estrecha relación entre el bienestar de las poblaciones humanas y la conservación de la biodiversidad.

6. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema?

1) a) Buscar en distintas fuentes de información definiciones de la palabra bosque y debatir sobre las implicancias de cada significado en la conservación del Bosque Chaqueño de Córdoba como ecosistema natural.

b) Proponer listas de componentes de los bosques nativos de Córdoba a partir de la Figura 1, poniendo énfasis en aquello que podemos observar: i) a simple vista, ii) con la ayuda de cierta tecnología (lupas, microscopios, imágenes satelitales, etc.) y iii) también en lo que no podemos observar, pero que igualmente está presente (por ejemplo, interacciones biológicas, procesos biológicos, procesos biogeoquímicos).

2) a) Conseguir fotos de diversos organismos que pertenezcan al Bosque Nativo de Córdoba. Tener en cuenta que existan en la selección ejemplos de productores, consumidores y descomponedores y organismos de distintos Reinos, Familias y Órdenes.

b) Con la participación de todos los alumnos, pensar qué relaciones pueden establecerse entre estos componentes. Emplear las fotos para armar en el pizarrón esquemas que representen estas relaciones (por ejemplo, cadenas y redes alimentarias), pegando las fotos y conectándolas con flechas. Discutir para cada organismo si la ubicación elegida es la correcta.

c) Reflexionar y proponer hipótesis sobre los cambios que pudieran producirse en las redes propuestas cuando distintos factores antropogénicos afectan a alguno de sus integrantes. Tener en cuenta no sólo los efectos directos sino también aquéllos transmitidos indirectamente a través de la red. Por ejemplo: ¿Qué ocurrirá con la abundancia de los organismos de la red si algún factor produce la extinción de alguna especie? ¿Cuáles serían los efectos en la red propuesta que tendría la introducción de una especie invasora particular? ¿Qué ocurrirá con los distintos niveles tróficos si alguno de ellos se ve afectado? ¿Qué nivel trófico es imprescindible para el funcionamiento de toda la red trófica?

3) Realizar, en forma grupal, un mapa conceptual sobre los factores directos e indirectos que se relacionan con la conservación del bosque nativo de Córdoba. En la figura, en el nodo central se ubicará “conservación del bosque nativo” y los enlaces (o palabras-enlace) vincularán a los distintos factores que la afectan, pudiendo indicarse si representan relaciones positivas o negativas.

4) El docente puede plantear un debate sobre una situación problemática local, con alto impacto social y que involucre situaciones en la que se pone en riesgo la integridad de algún ecosistema. Por ejemplo, se puede plantear un debate sobre el destino de un relicto de bosque nativo en el cual se quiere realizar una urbanización. Los alumnos pueden dividirse en grupos en donde cada uno debe construir (con ayuda de búsquedas de información relevante) argumentos para defender los intereses de cada uno de los actores sociales que intervienen en la situación problemática (por ejemplo, el sector productivo, los ambientalistas, los desarrollistas, los políticos, los científicos, los habitantes de la región). Cada grupo ensayará y propondrá argumentos sobre la conservación del bosque nativo desde ese punto de vista particular, basados en diferentes valoraciones de la biodiversidad. El o la docente puede guiar el debate motivando la reflexión sobre las siguientes preguntas a fin de evitar la construcción de soluciones y argumentos simplistas: ¿Qué concepto de biodiversidad está considerando cada grupo en sus argumentos? ¿Qué niveles de organización y atributos de la biodiversidad quedarían cubiertos con una compensación económica y cuáles serían difíciles de restaurar o expresar en términos económicos? ¿Qué se podrá conservar de la biodiversidad del bosque nativo con cada una de las propuestas sobre el destino del bosque? ¿Qué pasaría con las especies, los paisajes, las culturas, las funciones del ecosistema, los servicios ecosistémicos que

brinda el bosque, los procesos evolutivos e históricos que son constitutivos de la diversidad biológica y cultural? Finalmente, en función de lo debatido se diseñará un programa de acción en el cual estén contemplados no sólo los intereses individuales sino también los intereses colectivos y la conservación de la biodiversidad.

Referencias bibliográficas

- Jiménez Aleixandre, M. P. (2010). La enseñanza y el aprendizaje de la biología. En M. P. Jiménez Aleixandre (Coord.), A. Caamaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci & A. de Pro (Eds.), *Enseñar ciencias* (pp. 119-146). Barcelona: Editorial Graó.
- Lorentz, P. (1876). Cuadro de la vegetación de la República Argentina. En "*La República Argentina*" (pp. 77-136). Buenos Aires.
- Magurran, A. E. & McGill, B. J. (2011). Challenges and opportunities in the measurement and assessment of biological diversity. En A. E. Magurran & B. J. McGill (Eds.), *Biological diversity: Frontiers in measurement and assessment* (pp. 1-7). Oxford: University Press.
- Noss, R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4(4), 355-364.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of Ecology*, 3° edition. New York: Saunders.
- Reece, J. B., Urry L. A., Cain, M. L., Wasserman S. A., Minorsky, P. V. & Jackson, R. B. (2011). *Campbell Biology*, 9° ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.
- Río, M. E. & Achával, L. (1904). *Geografía de la Provincia de Córdoba*. Publicación oficial. Vol I y II. Buenos Aires: Compañía Sudamericana de Billetes de Banco.
- Rozzi, R. (2001). Ética ambiental: raíces y ramas latinoamericanas. En R. Primack, R. Rozzi, P. Feinsinger, R. Dirzo & F. Massardo (Eds.), *Fundamentos de la Conservación Biológica: Perspectivas Latinoamericanas* (pp. 281-302). México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.

Wolovelsky, E. (2004). El siglo XX ha concluido. En E. Wolovelsky, H. Palma, D. Golombek, A. M. Vara, & D. Hurtado de Mendoza (Eds.), *Certezas y controversias: Apuntes sobre la divulgación científica* (pp. 9-28). Buenos Aires: Libros del Rojas, Universidad de Buenos Aires.

Lecturas recomendadas

1) Agencia Córdoba Ambiente S. E. (2004). *Áreas Naturales Protegidas: provincia de Córdoba. República Argentina*. Córdoba, Argentina: Ediciones del Copista.

Esta obra muestra a través de fotos, dibujos, mapas y textos la diversidad de ecosistemas de la Provincia representada en las Áreas Protegidas.

2) Barchuk, A. H., Barri, F., Britos A. H., Cabido M., Fernández J. & Tamburini, D. (2010). Diagnóstico y perspectivas de los bosques en Córdoba. *Hoy la Universidad*, 4, 50-73. Extraído el 10 de Diciembre, 2014, de <http://www.unc.edu.ar/seccion/divulgacion/hoylauniversidad/numero4>

Este informe resume los principales aspectos de la problemática de pérdida de bosques nativos en la Provincia de Córdoba.

3) Furman M. & de Podestá, M. E. (2011). *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires: Aique Educación.

Este libro se propone acompañar a docentes y directivos aportándoles herramientas para mejorar la enseñanza y generar un proyecto institucional de Ciencias Naturales que se sostenga en el tiempo.

4) Galetto, L. (2012). ¿Cuánto bosque nos queda en Córdoba? (Artículo periodístico) *La Voz del Interior*. <http://www.lavoz.com.ar/opinion/cuanto-bosque-nos-queda-cordoba> Artículo de opinión sobre la pérdida de bosques nativos en la Provincia de Córdoba.

5) Monteleone, A. (2012). La ley de bosques puede ser un contenido a enseñar. *Ambiente de Chicos*, 9, 22-24. <http://obio.ambiente.gob.ar/revistas/11-bosques-nativos-edicion-docente>

En este suplemento se brindan herramientas a los docentes para abordar la problemática de la pérdida de bosques nativos en la escuela.

6) Primack, R., Rozzi, R. Feinsinger, P., Dirzo R. & Massardo, F. (2001). *Fundamentos de conservación biológica: Perspectivas latino-americanas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Es una obra que trata contenidos básicos de ecología y conservación y uno de los pocos textos que abordan, en castellano, la problemática ambiental particular de Latinoamérica.

Sitios web recomendados

1) Observatorio Nacional de Biodiversidad. (<http://obio.ambiente.gob.ar/>).

En este sitio se pueden encontrar noticias, materiales de divulgación, mapas interactivos, etc. sobre la biodiversidad de Argentina.

2) Sistema de Información de Biodiversidad. (<http://www.sib.gov.ar/>).

Es el sitio web de la Administración de Parques Nacionales, en el cual se puede encontrar información sobre las especies presentes en las Áreas Protegidas de Argentina.

3) Serie “Cuadernos Para El Aula”. Cuaderno para alumnos. (http://repositoriorecursos-download.educ.ar/repositorio/Download/file?file_id=af09cb80-7a07-11e1-8385-ed15e3c494af&rec_id=91331). Cuaderno docente (<http://www.educ.ar/sitios/educar/recursos/ver?id=111106>).

Propuesta de enseñanza a partir de los NAP (Núcleos de Aprendizajes Prioritarios) del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología-Presidencia de la Nación.

4) Flora Argentina. (<http://www.floraargentina.edu.ar/>).

En este sitio web se describe y muestra la diversidad de plantas de la República Argentina.

5) Hongos de Argentina. (<http://hongosdeargentina.com.ar/>).

En este sitio web se describe y muestra la diversidad de hongos de la República Argentina.

5) (<http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/divveg1/lab%20micologia/archivos%20fotos/afiche-hongos%20venenosos%20toxicos.pdf>).

En esta página, en particular, se describen los hongos tóxicos de la Provincia de Córdoba.

6) Centro de Zoología aplicada (<http://www.efn.uncor.edu/departamentos/cza/index.htm>).

En este sitio web se pueden consultar los diferentes materiales de divulgación sobre la fauna de la Provincia de Córdoba, realizados en el Centro de Zoología de la Universidad Nacional de Córdoba.

7) Aves Pampa (<http://www.avespampa.com.ar/Home.htm>), (http://www.avespampa.com.ar/Clave_Aves/index.htm).

En estos sitios web se describe la diversidad de aves en los distintos ambientes de Argentina.

Autoevaluación

- 1) ¿Qué es la biodiversidad? ¿Cuáles son sus atributos y principales características?
- 2) ¿Qué son los ecosistemas? ¿Cuáles son algunos de los criterios que más se utilizan para conceptualizarlos y estudiarlos?
- 3) ¿Cuáles son los principales factores que conducen, directa o indirectamente, a la pérdida de ecosistemas naturales en Córdoba?
- 4) ¿Cuáles son los principales argumentos que justifican la necesidad de conservar la diversidad ecosistémica?

Sobre los autores



Leonardo Galetto es Doctor en Ciencias Biológicas, docente en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFN) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) e Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Las actividades de docencia en carreras de grado y postgrado universitarias se han relacionado con la diversidad vegetal, etnobotánica, interacciones biológicas, metodología de investigación y filosofía de la ciencia. Los temas de investigación se relacionan con el desarrollo del conocimiento sobre los agro-ecosistemas de la Provincia de Córdoba, considerando especialmente al atributo funcional del Bosque Chaqueño en distintas escalas espacio-temporales. E-mail: leo@imbiv.unc.edu.ar



Carolina Torres es Doctora en Ciencias Biológicas, Profesora Asociada de la Cátedra de Diversidad Vegetal II y Etnobotánica (FCEFN, UNC) e Investigadora Adjunta del CONICET. Integra el Programa de Investigación “Efectos de la fragmentación del Bosque Chaqueño en la biodiversidad”, estudiando los efectos de distintos usos de la tierra en las comunidades vegetales. E-mail: ctorres111@yahoo.com.ar

Capítulo 3. La genética de la biodiversidad: el componente poblacional en la lupa

Cristina Noemí Gardenal

Universidad Nacional de Córdoba -
Instituto de Diversidad y Ecología Animal (IDEA), CONICET

Resumen

Aunque sólo nos resulte fácil reconocerla entre los humanos, la gran mayoría de las especies posee altos niveles de variabilidad genéticamente determinada entre sus individuos. A partir de esa diversidad y mediante cruzamientos adecuados, el hombre puede generar mejoras en las características de alimentos, plantas medicinales, materia prima para vestido y refugio, etc. En la naturaleza, el destino de muchos genes a través del tiempo está fuertemente condicionado por factores que afectan al conjunto de individuos que se cruzan entre sí y que por ello comparten un “reservorio” genético; a esos grupos les llamamos poblaciones. Como la evolución es un proceso por el cual la diversidad genética dentro de las especies puede convertirse en variación entre ellas, a mayor diversidad, mayor probabilidad de que actúen los mecanismos básicos del cambio evolutivo.

Conceptos clave: genética de poblaciones, relaciones de parentesco, especiación, preservación del polimorfismo, evolución biológica.

Introducción

El principal propósito de este capítulo es contribuir al estudio de la evolución biológica sobre bases racionales. Se pretende brindar elementos conceptuales que permitan interpretar lecturas sobre el tema con capacidad crítica como para discernir, entre la profusa información disponible sobre evolución, aquella basada en datos de carácter científico. La primera de las preguntas cuyas respuestas conforman el texto permite dar un concepto intuitivo de diversidad genética intraespecífica y destacar los beneficios (también algunos problemas) de esa variabili-

dad para el hombre. Se hace referencia luego a las metodologías más usadas para detectar el polimorfismo. La tercera pregunta permite dar un concepto de población, resaltando la importancia de no limitarlo a seres humanos. Como se dispone de muy pocos textos en castellano de genética de poblaciones que son, además, de difícil comprensión para los docentes que no posean sólidos conocimientos previos sobre genética general y bioestadística, se explican luego conceptos básicos sobre temas de esta disciplina incluidos en los programas vigentes en los ciclos de especialización de nuestra escuela media. Sobre estas bases, se introduce el concepto de especiación.

1. ¿Qué es la diversidad genética y cómo la vida cotidiana se relaciona con ésta?

Si les propusieran indicar como “falsa” o “verdadera” la siguiente premisa: *En especies de reproducción sexuada no existen individuos idénticos, excepto que se trate de gemelos provenientes de un mismo óvulo fecundado*, ¿qué responderían? Es muy probable que, si piensan en la especie humana, rápidamente marquen una V. Solo basta con mirar a nuestro alrededor para admitir que podemos reconocer nuestras diferencias en una serie de caracteres del ‘fenotipo’¹ que están, al menos en parte, genéticamente determinados como la estatura, el color de la piel, del cabello, de los ojos, la textura del cuerpo, etc. Y si se les preguntara si existen diferencias entre las hormigas cortadoras de hojas que están en el jardín de la casa, ¿qué responderían? Muy probablemente dirían: “son todas iguales”.

Si bien muchas veces resulta difícil identificar variabilidad en el fenotipo entre ejemplares de una misma especie distinta a la humana, se ha demostrado que existen notables diferencias a nivel individual en los varios miles de especies en las cuales se ha estudiado al menos parte de su ‘genoma’ (Sadava, Hillis, Heller & Berenbaum, 2011). La variabilidad genética se origina mediante dos procesos: la ‘mutación’ y la ‘recombinación’ del material genético entre cromosomas homólogos que se produce en la ‘meiosis’, durante la formación de las gametas;

¹ Las palabras en cursiva y entre comillas simples, cuando se mencionan por primera vez en el texto, se definen en el Glosario.

también puede ser el resultado de alteraciones en el número, forma, tamaño y ordenamiento de los cromosomas. Se incrementa así la cantidad de '*genotipos*' diferentes que pueden aparecer en la descendencia. En general, se considera que las especies con más riqueza de '*alelos*' en su '*reservorio génico*' ("gene pool" en inglés) tienen mayores posibilidades de sobrevivir ante cambios ambientales severos, ya que dispondrán de variantes que podrían resultar genéticamente adaptadas para enfrentar las nuevas condiciones (Freeman & Herron, 2004).

Otra fuente de variación fenotípica en organismos multicelulares puede originarse por cambios en la regulación de la expresión de algunos genes, sin que ocurran modificaciones en su secuencia de nucleótidos. Algunas "señales" en los cromosomas tienen influencia sobre la función génica, como la metilación de bases en el ADN y ciertas modificaciones en las '*histonas*' (acetilación, glicosidación y ADP ribosilación) que cambian la conformación de la cromatina. Estos cambios, denominados '*epigenéticos*', pueden ser inducidos por el ambiente, como la exposición a diferentes sustancias, el comportamiento maternal, algunos patógenos o variables climáticas. Las modificaciones epigenéticas pueden ser reversibles o persistir durante toda la vida del organismo; en algunos casos, se ha demostrado que se transmiten a las generaciones siguientes. Sin embargo, son aún poco conocidos los mecanismos capaces de determinar herencia epigenética transgeneracional, por lo que su rol en la evolución es actualmente motivo de controversia (Butanda Ochoa et al., 2014).

Más allá de su origen, la diversidad biológica puede favorecer el bienestar humano. Hace unos 10.000 años, cuando el hombre comenzó a domesticar especies animales y vegetales que podía utilizar para su subsistencia, aprendió a reconocer la diversidad para luego elegir entre los organismos que presentaban características ventajosas y tratar de preservarlas a través de las generaciones. Esa diversidad intra-específica es la que nos permite optimizar la generación de variedades con mayor valor proteico, vitamínico, resistentes a enfermedades, capaces de crecer en condiciones ambientales extremas en el caso de los alimentos y con diferentes características en resistencia, coloración, textura, valor comercial, etc. cuando los productos naturales son utilizados para vestimenta y construcción de algún tipo de vivienda. En las especies con valor medicinal, interesa también reconocer variedades locales

que pueden diferir en sus propiedades. Muchas veces, los '*recursos genéticos*' presentes en especies nativas emparentadas con aquéllas de importancia comercial son la base para el mejoramiento genético de plantas y animales domesticados. En los últimos años este aporte a la *agrobiodiversidad* (FAO, 2007), preservada en los denominados bancos de germoplasma, se logra mediante modernas técnicas de '*biotecnología*'.

También presentan variabilidad genética las especies indeseables para el humano, como las involucradas en la transmisión de enfermedades. Por ejemplo, los individuos de especies reservorio y vectores de '*zoonosis*' (por ejemplo, roedores, mosquitos, flebótomos, vinchucas, etc.) pueden presentar diferencias genéticamente determinadas en la capacidad para infectarse y para transmitir el agente infeccioso, en su resistencia a pesticidas, en longevidad, etc. Tampoco son genéticamente uniformes los agentes productores de esas enfermedades; es bien conocida la existencia de diferentes "cepas" de bacterias, de virus, de hongos patógenos que afectan plantas, animales y seres humanos. Estas diferencias son muy importantes desde el punto de vista epidemiológico, ya que esas variantes pueden tener distinto grado de patogenicidad, de capacidad de dispersión o de respuesta a fármacos.

2. ¿Cómo se puede reconocer la diversidad genética?

Tradicionalmente la variabilidad se analizó observando características fenotípicas visibles a simple vista o con ayuda de aparatos de óptica, en forma de caracteres *discretos* o cualitativos (como presencia o ausencia de cierta condición, flores rojas o blancas, semillas arrugadas o lisas, etc.) o bien *cuantitativos* o de variación continua, que se miden (peso, altura, longitud, etc.) o se cuentan (manos con 2, 3, 4 o 5 dedos, número de hijos, etc.); estos últimos se denominan caracteres *merísticos*. Si bien esta metodología continúa teniendo plena vigencia y resulta imprescindible para describir y establecer relaciones entre diferentes formas de vida, en general requiere de especialistas en cada grupo de organismos para el reconocimiento de las diferencias individuales.

También es posible cuantificar diferencias en caracteres bioquímicos, como la producción en mayor o menor grado de determinadas sus-

tancias que originan variabilidad fisiológica (campo de estudio de la *'proteómica'* y la *'metabólica'*). Así, por ejemplo, en los mamíferos se ha informado la existencia de diferencias, a nivel intra-específico, en la calidad de feromonas; esa variabilidad puede ser detectada por el sentido del olfato y sirve para el reconocimiento entre parientes, para la elección de pareja, etc. (Camarena Gutiérrez, 2005). Muchas aves son capaces de reconocer visualmente diferencias en la coloración del plumaje, lo que puede llevar a una selección de la pareja en el momento de la reproducción. Las diferencias individuales en ciertos rasgos de comportamiento pueden también estar genéticamente determinadas, a pesar de que se reconocen complejas interacciones con el ambiente en este tipo de caracteres (Alcock, 2005).

Por otro lado, se han descrito casos notables sobre la capacidad de un mismo genotipo para producir cambios químicos, fisiológicos, morfológicos, de desarrollo, de conducta, etc., en respuesta a factores cambiantes en el entorno; esta propiedad se conoce como *'plasticidad fenotípica'*. Por ejemplo, una especie de oruga que vive en el roble adquiere diferente morfología según la parte del árbol de la cual se alimenta: los individuos que comen inflorescencias se mimetizan con ellas, mientras que los que se alimentan de ramitas y hojas, pasan inadvertidos sobre las partes verdes de esos árboles. En la coloración del plumaje de algunas especies de aves existen variaciones que dependen de la proporción de carotenos en la dieta (Sadava et al., 2011). En el yacaré overo de nuestro Litoral se demostró que los huevos dan origen a individuos machos o hembras según la temperatura ambiente durante el desarrollo embrionario (Piña, Siroski, Larriera, Lance & Verdade, 2007). La plasticidad fenotípica puede llevar a sobre-estimar la variabilidad genética.

Con la finalidad de conocer al menos parte del genoma sin la “interferencia” de complejas interacciones con el ambiente en su expresión, a partir de la década de 1980 se comenzaron a implementar técnicas que permiten detectar las mutaciones difícilmente reconocibles en el fenotipo externo. Estas técnicas se basan en la extracción de ADN (ácido desoxirribonucleico) a partir de cualquier organismo o de alguna de sus partes y la producción “in vitro” de millones de copias de ese material genético a través de la “reacción en cadena de la polimerasa” (PCR, sigla derivada de su nombre en inglés) (Mullis & Faloona, 1987). Es una

técnica sumamente sensible, que permite trabajar con muestras muy pequeñas de tejidos conservados en alcohol, pelos, plumas, excrementos, huesos y, en algunos casos, con muestras o ejemplares preservados en museos. Luego de la “amplificación” del material genético, se utilizan diversos procedimientos para detectar las variantes de un mismo segmento de ADN que, para estos fines, también se lo llama “gen” aunque no se conozca qué función cumple dentro del genoma, si es que tiene alguna. Por ello, cuando este tipo de análisis se realiza como parte de estudios sobre taxonomía, ecología, comportamiento, relaciones entre especies, etc., se dice que la variabilidad en el ADN se utiliza como “marcador” molecular. Se debe tener en cuenta la diferencia entre estos objetivos y el interés por analizar, por ejemplo, algún gen en particular que determina una enfermedad; en este último caso se intenta amplificar solo ese segmento de ADN.

Entre los marcadores moleculares de los cuales se dispone en la actualidad, es muy importante seleccionar aquéllos que brinden la mejor información según el objetivo que se persiga. Para ello, se parte del conocimiento de que algunas regiones del genoma tienen mayor frecuencia de mutación que otras; además, se prefieren en general regiones del ADN que tengan un modo de herencia conocido (como la denominada '*herencia mendeliana simple*'). Si interesa descubrir variabilidad entre individuos que tienen relaciones cercanas de parentesco, debemos recurrir a segmentos de ADN que se sabe son altamente polimórficos dentro de una '*especie*', como los '*microsatélites*' (Bruford & Waine, 1993) (ver ejemplo en Figura 1). Es bien conocida su utilización en medicina forense para determinar, por ejemplo, identidad de personas de una misma familia, como padres e hijos, o para comparar muestras obtenidas en la escena de un delito con el ADN del presunto autor o de las víctimas. Son tan variables estos marcadores que si se observa una gran similitud entre dos individuos, solo puede explicarse por una estrecha relación de parentesco; es altamente improbable que esa semejanza se dé por azar.



Figura 1. Variantes de microsatélites en el locus *Cm-1* en muestras individuales de una población del roedor *Calomys musculus* (reservorio del virus que produce la Fiebre hemorrágica argentina) del sur de Córdoba, separadas según su tamaño molecular por pasaje de corriente eléctrica, luego de amplificación por PCR. Hom: individuos homocigotas (presentan una sola banda); Het: heterocigotas (muestran dos bandas para diferentes “alelos”); M: marcador de tamaño molecular, usado como referencia. (La fotografía fue obtenida a partir de una experiencia realizada en el laboratorio de la autora).

En cambio, si el propósito del estudio fuese cuantificar la similitud genética entre ejemplares de una especie geográficamente alejados y compararla, por ejemplo, con la divergencia genética entre especies, es común analizar la secuencia de ‘nucleótidos’ (y por ende, de las bases nitrogenadas) en segmentos de ADN previamente amplificados por PCR (Miyamoto & Cracraft, 1991); estos segmentos pueden presentar menor o mayor niveles de ‘polimorfismo’, pero son mucho menos variables que los microsatélites. De ese modo es posible comparar y cuantificar similitudes y diferencias entre secuencias de ADN que son descendientes de un gen ancestral común (esto es, son secuencias homólogas) y que comenzaron a diferenciarse cuando las distintas especies se separaron, a escalas variables de tiempo geológico. El excepcional desarrollo tecnológico de los últimos tiempos hace que sea posible secuenciar simultáneamente y en muy poco tiempo, miles de millones

de fragmentos de ADN. Esto trajo como consecuencia otro desafío: proveer de las herramientas informáticas adecuadas para almacenar y analizar eficientemente estos enormes conjuntos de datos (Freeland, Kirk & Petersen, 2011).

El uso de las técnicas moleculares ha permitido estimar el grado de variabilidad genética entre individuos a partir de una muestra al azar del genoma, ya que no se conoce previamente cuáles '*loci*' serán variables y cuáles no; además, los procedimientos son similares en cualquier tipo de organismos, desde un virus hasta una ballena. La gran cantidad de datos moleculares que se van acumulando en una variedad de organismos contribuye también a la asignación taxonómica correcta de individuos de diferentes especies mediante estas técnicas y al conocimiento de las relaciones de parentesco entre diferentes taxones (subespecies, especies, géneros, familias, etc.). Muchas veces, los caracteres morfológicos, morfométricos, de comportamiento, etc., no son suficientes para delimitar especies distintas, lo cual es fundamental como paso previo a todo programa de conservación de biodiversidad. En el caso de especies trasmisoras de enfermedades, también es necesario distinguir con precisión cuáles son las potencialmente peligrosas, muchas veces indistinguibles externamente de otras muy relacionadas (especies crípticas) pero que no representan riesgo alguno. Recientemente se ha generalizado el uso de la secuencia de bases en algunos segmentos de ADN para identificar especies, el denominado "código de barras" genético ("DNA barcoding" en inglés) (Hebert, Cywinska, Ball & deWaard, 2003). Las moléculas de ADN que sirven para estos fines deben ser muy poco variables dentro de especies, pero mostrar claras diferencias de secuencias entre especies, inclusive entre aquéllas que se originaron recientemente a partir de una forma ancestral común. No siempre es fácil determinar cuáles genes cumplen con esta premisa; como en toda técnica novedosa, existen todavía controversias sobre sus posibilidades de aplicación en todos los grupos taxonómicos.

3. Las poblaciones, ¿son sólo humanas?

Las leyes de Mendel nos enseñaron no solo a predecir el resultado de cruzamientos entre individuos de determinados fenotipos sino también por qué los hijos se parecen a los padres, aunque no son idénticos a ellos. Sin embargo, cuando queremos analizar los cambios que ocurren en el tiempo en el genoma de todas las formas de vida, es decir, la '*evolución biológica*', debemos comenzar por investigar la diversidad a otro nivel de organización: en el conjunto de individuos que se cruzan entre sí (por ende, tienen un reservorio génico común) y que comparten además una serie de factores ambientales. Estas propiedades determinan que estos grupos de organismos funcionen como unidades que llamamos *poblaciones*.

Si se pide a los alumnos que den ejemplos de poblaciones es muy probable que piensen solo en las humanas, con una localización geográfica determinada (la población de la ciudad de Córdoba, la población de wichí del Chaco, etc.), siguiendo nuestro natural pensamiento homocéntrico. En Biología es muy importante que los alumnos logren extender algunos conceptos "clave" a toda la diversidad biológica. Una buena oportunidad para ello es estudiar procesos comunes a todas las especies de organismos con reproducción sexuada; estos organismos, como están interconectados por los cruzamientos, forman grupos reconocidos como subespecies, razas, ecotipos, o poblaciones locales (también llamadas *demos*). Los individuos de cada uno de esos grupos son genéticamente más parecidos entre sí que con los de otros grupos. La especie representaría la población más "inclusiva" de esas subdivisiones.

La mayoría de las veces las poblaciones no están claramente delimitadas en la naturaleza. Por ejemplo, las aves que se reproducen en regiones templadas del hemisferio norte y que migran al hemisferio sur durante el invierno constituyen un grupo de "sobrevivientes" que puede estar conformado por ejemplares de diferentes demos o unidades de entrecruzamiento. En el caso de las plantas con flores que se reproducen por la acción de diversos polinizadores como insectos o aves, la extensión de cada población (considerada como una unidad reproductiva) va a depender de cuánto se muevan esos polinizadores. En muchas especies de parásitos (pulgas, piojos, nematodos del suelo, etc.) o de agentes

infecciosos transmitidos por animales, el tamaño de cada población depende también de la movilidad de sus portadores (Freeland et al., 2011). Es por ello que la identificación de poblaciones naturales discretas es posible luego de estudios ecológicos, combinados con estudios sobre lo que se denomina *estructura genética* de las poblaciones naturales.

4. ¿Cómo se estudia la diversidad genética en las poblaciones?

Para comenzar a responder a esta pregunta se debe tener presente que diferentes poblaciones pueden caracterizarse por sus frecuencias de genes, de genotipos y por la manera en que éstos se distribuyen a través del espacio y del tiempo; pero más allá de este aspecto descriptivo, interesa analizar cuáles son los procesos que determinan esa distribución, es decir, su estructura genética. La Genética de Poblaciones es la disciplina que aborda estas temáticas. Incluye una parte observacional que permite la generación de hipótesis pero, en general, no contempla una fase experimental; se trata de una disciplina más bien de carácter teórico. Por ello, necesita incorporar herramientas de una disciplina muy relacionada, la Bioestadística, tomando como base “modelos” matemáticos, en especial, los modelos probabilísticos.

Actualmente, la gran mayoría de los estudios poblacionales parten de datos obtenidos con marcadores moleculares (microsatélites, alteraciones en la secuencia de bases de diferentes porciones del genoma, etc.) en muestras de ejemplares o de partes de ellos (trocito de músculo, pelos, plumas, un trocito de piel, escamas, hojas jóvenes, polen, gota de sangre, una patita de insectos y arácnidos, etc.). Luego de extraer el ADN de cada muestra individual y de detectar diferencias en su secuencia, es posible calcular la frecuencia de alelos, de genotipos o de *haplotipos* (variantes de ADN haploide como el mitocondrial) y caracterizar así distintas poblaciones de una especie.

Por ejemplo, si en una muestra de 30 individuos '*diploides*' se analiza la variabilidad en un '*locus autosómico*' con dos alelos que determinan color de flor y se encuentran 19 individuos '*homocigotas*' con genotipo *aa* (flores blancas), 1 homocigota *bb* (flores rojas) y 10 '*heterocigotas*' *ab* (flores rosadas), es sencillo calcular la frecuencia de cada alelo: como se trata de individuos diploides, cada uno de ellos tiene

dos alelos en ese locus; los 19 homocigotas aa aportan 38 alelos a al conjunto de genes de la población y los 10 heterocigotas, aportan 10 alelos más de ese tipo. Por consiguiente, $48/60$ (en 30 individuos diploides, el total de alelos es igual a 60) nos da una frecuencia de 0,8 para a . Como los alelos en el locus son dos, la frecuencia de b solo puede ser 0,2. Este cálculo puede repetirse para cada uno de los loci para los cuales consigamos información sobre la cantidad de cada 'clase genotípica' presente en una muestra de individuos. Con estos datos se pueden estimar parámetros como el número promedio de alelos por locus, la proporción media de heterocigotos, la proporción de loci polimórficos en el total de los loci estudiados, y otras medidas de la diversidad en el reservorio génico de las poblaciones.

Desde el punto de vista evolutivo, la pregunta básica es ahora si las frecuencias de genes y de genotipos siguen algún patrón predecible a lo largo de las generaciones. A comienzos del siglo XX, matemáticos y estadísticos demostraron que sí, siempre que se cumplan algunas condiciones (o "supuestos" de modelos probabilísticos). Consideremos el caso más simple: un locus autosómico con dos alelos, a y b , cuyas frecuencias llamaremos p y q . Supongamos que todos los genotipos tienen igual probabilidad de sobrevivir, que no se producen mutaciones ni migraciones desde o hacia otras poblaciones, que los individuos son diploides, que la población tiene un tamaño muy grande (es poco probable entonces que las frecuencias de alelos cambien por azar; ver más adelante), que cualquier individuo de un sexo tiene igual probabilidad de cruzarse con cualquier otro del sexo opuesto (es decir, hay *panmixia*) y que las frecuencias de los alelos son iguales en los dos sexos. Todo esto es equivalente a unir gametas femeninas con frecuencias $p + q$ con gametas masculinas, también de frecuencias $p + q$, esto es: $(p+q) \times (p+q) = (p+q)^2$. El desarrollo del binomio nos permite predecir las frecuencias genotípicas resultantes de estos cruzamientos en la población: p^2 para una de las clases homocigotas, $2pq$ para los heterocigotos y q^2 para el otro genotipo homocigoto. Si el modelo contempla la presencia de más de dos alelos en un locus, las frecuencias genotípicas que se espera encontrar responderán al cuadrado de un polinomio, es decir, a $(p + q + r + s + \dots + n)^2$.

En la Figura 2 se muestra un diagrama de un conjunto de genotipos paternos (dos clases de homocigotas que se ponen por primera vez en

contacto), las gametas que originan (generación haploide) y la descendencia (diploide) resultante luego de cruzamientos al azar, el conjunto de gametas de esos descendientes y una segunda generación diploide. Claramente se observa que las frecuencias de genes y de genotipos se mantienen constantes de una generación a la siguiente, en valores que dependen de las frecuencias de alelos, siempre y cuando se cumplan los supuestos del modelo antes mencionado. Es decir, que la variabilidad genética en la población puede mantenerse solo como consecuencia de los cruzamientos, en un equilibrio llamado de Hardy-Weinberg en honor a quienes lo propusieron.



Figura 2. Representación esquemática del mantenimiento de frecuencias alélicas y de genotipos según el equilibrio de Hardy-Weinberg, después de una generación de cruzamientos al azar. En la población inicial, se ponen en contacto individuos homocigotos para alelos diferentes en un locus. Luego de la meiosis, las gametas llevan esos alelos en frecuencias que dependen de las frecuencias de los genotipos iniciales. Por unión al azar de esas gametas, la frecuencia de genotipos de la nueva generación diploide responde al cuadrado de la suma de las frecuencias alélicas. Si se cumplen los supuestos del modelo de Hardy-Weinberg, tanto esas frecuencias como las de genotipos se mantienen en el tiempo. (Figura elaborada por la docente Dra. Marina B. Chiappero, de igual filiación que la autora).

Este simple modelo proveyó las bases para muchos estudios en genética de poblaciones: cuando se detectan desviaciones estadísticamente significativas en las frecuencias de genotipos con respecto a las previstas por este equilibrio, se pueden formular hipótesis para tratar de identificar las causas de los desvíos. Así por ejemplo, una frecuencia

mayor de cruzamientos entre parientes biológicos (*'endogamia'*) producirá un aumento de genotipos homocigotos con respecto a las proporciones esperadas según el modelo. Si la selección natural favorece la mayor supervivencia y reproducción de ciertos genotipos con respecto a otros, tendremos un incremento de los “seleccionados”.

Si el tamaño de una población sufre una reducción drástica, es decir, se produce un “cuello de botella” poblacional (por ejemplo, por una inundación, incendios, sequía prolongada, nuevo agente infeccioso, etc.), solo una parte de los individuos de una generación dejará descendientes para la siguiente. En estos casos, las frecuencias de genes pueden sufrir alteraciones azarosas (sin una dirección determinada) que incluyen la pérdida de algunos alelos, por un proceso denominado *'deriva genética'*. El efecto de la deriva está inversamente relacionado con el tamaño de una población: cuando el número de gametas de una generación que forman la siguiente generación de individuos diploides es bajo, aumenta la probabilidad de que se produzcan cambios importantes en las frecuencias de genes. Para comprender mejor esta premisa, recordemos que si de un bolillero que contiene 80 bolillas blancas y 20 rojas saco 90, es muy probable que en esa muestra se mantengan las proporciones 4:1 de blancas y rojas; en cambio, si saco una muestra de 10 bolillas, es altamente probable que esas proporciones cambien drásticamente (la teoría de las probabilidades nos enseña a predecir cuál es la probabilidad de que una muestra contenga i alelos de tipo A en la generación $t+1$ con N individuos, a partir de una proporción j de ese alelo en la generación t) (Fontdevilla & Moya, 1999).

Son bien conocidas las consecuencias de dos casos “extremos” de deriva genética; uno de ellos es el denominado *efecto fundador*, que ocurre cuando un pequeño grupo de individuos coloniza un área que la especie no ocupaba previamente; los migrantes pueden llevar un conjunto de genes cuyas frecuencias no son representativas de las de la población original. En humanos han sido muy estudiados varios casos de enfermedades metabólicas congénitas (como leucinosis, hemofilia, deficiencia de piruvato quinasa, enanismo, entre otras) que se dan en mucha mayor frecuencia en poblaciones de minorías religiosas (diversas comunidades menonitas, por ejemplo) fundadas por unas pocas familias, que en las poblaciones de origen de estos inmigrantes. Estas diferencias se deben a que los “fundadores” eran portadores de alelos

que, en homocigosis, ocasionan diversas patologías. Además, en una comunidad pequeña y “cerrada” a gametos procedentes de otras poblaciones, los cruzamientos consanguíneos conducen a un aumento en la probabilidad de unión de gametas que llevan el mismo gen defectuoso (Templeton, 2006). En el Valle de Traslasierra (Córdoba, Argentina) una patología metabólica conocida como *enfermedad de Sandhoff* tiene una frecuencia mucho mayor que en cualquier otra población del país. Se da en individuos de origen “criollo” con ascendencia particularmente española, homocigotas para un alelo que codifica para una proteína anormal; produce deterioro motor y mental severos, ceguera precoz (entre otras anomalías) y la muerte entre el segundo y tercer año de vida. El gen defectuoso debió ser introducido por unos pocos fundadores; posteriormente, el relativo aislamiento de las poblaciones de la zona mencionada durante muchas generaciones favoreció la endogamia y, por ende, la mayor probabilidad de ocurrencia de enfermos (Dodelson de Kremer & Molina de Levstein, 1980).

Cuando se pierden algunos alelos por deriva genética, la población solo puede recuperarlos por una nueva mutación en el mismo gen (evento de bajísima probabilidad de ocurrencia) o bien porque individuos inmigrantes desde otras poblaciones los re-introducen, para lo cual deben ser aceptados como progenitores de las generaciones siguientes. Este último proceso, es decir, el movimiento de genes entre poblaciones, se denomina '*flujo génico*'; y su efecto es, entonces, opuesto al de la deriva genética. Los estadísticos nos han provisto de numerosos índices que permiten cuantificar la magnitud del flujo génico entre poblaciones naturales, a partir de la comparación de la divergencia genética entre ellas. Los modelos matemáticos en los que se basan estas estimaciones parten de una serie de supuestos que no siempre resultan aplicables a cualquier población. En este sentido, mientras se disponga de mejores conocimientos previos sobre la ecología de esas poblaciones, más fácil será elegir los métodos más apropiados para analizar su estructura genética.

El flujo de genes juega un papel muy importante en el mantenimiento de la diversidad. Cuando el ambiente apropiado para la supervivencia de una especie está naturalmente fragmentado, o subdividido por acción del hombre (como la eliminación de selva o bosque nativo para dedicar esa superficie a la agricultura), se puede producir un aumento

de los cruzamientos co-sanguíneos (ya hemos señalado que favorece la aparición de genotipos no deseables). A la vez, es altamente probable la pérdida de polimorfismo por deriva genética. El flujo génico, al mantener interconectadas a varias poblaciones a través de los cruzamientos entre individuos con diferentes variantes alélicas, preserva la riqueza alélica. Si en las poblaciones naturales se cuantifica adecuadamente la fuerza relativa de procesos de consecuencias opuestas como el flujo y la deriva genética, a partir de datos obtenidos con marcadores moleculares, se pueden definir '*unidades evolutivas significativas*' para su manejo y conservación, de particular importancia en especies en riesgo de extinción (Freeland et al., 2011).

¿En qué otro aspecto una población puede no cumplir con el equilibrio de Hardy-Weinberg? Si algunos genotipos dejan más descendencia que otros para la generación siguiente por influencia de factores ambientales, se producirá un cambio en las frecuencias de genes a través del tiempo por el proceso que se denomina '*selección natural*'. Según la definición más clásica, la selección natural es la reproducción diferencial de individuos que pertenecen a distintos genotipos en una población (Li, 1997). Para comprender cómo actúa es conveniente comenzar por caracterizar un fenotipo complejo que se conoce como *aptitud reproductiva* o *eficacia biológica* ("fitness" en inglés), que comprende propiedades como la viabilidad (probabilidad que tiene un organismo de sobrevivir hasta la madurez reproductiva), la fertilidad y la fecundidad (capacidad de procrear). Frente a determinadas condiciones del entorno como distintas variables del ambiente físico (temperatura, humedad, salinidad del suelo, presencia de ciertos contaminantes por ejemplo), a la disponibilidad de alimentos, a la presencia de parásitos o de predadores, grupos de individuos que comparten ciertos genotipos podrán dejar más descendencia que otros y aumentar así, en las generaciones siguientes, las frecuencias de los genes que ellos llevan.

Para que una población pueda responder a diversas presiones del ambiente, es importante que conserve variabilidad genética. Como la selección natural solo actúa sobre el polimorfismo existente en las poblaciones naturales, si alguna de las condiciones del ambiente cambia, la probabilidad de que al menos parte de la población sobreviva depende de que cuente con individuos capaces de adaptarse a la nueva situación ambiental. Cuando algunas clases genotípicas tienen aptitud

reproductiva significativamente mayor que otras, la diversidad genética va a disminuir, ya que aumenta la frecuencia de los genes presentes en los genotipos más aptos. Este tipo de selección natural, llamada direccional, puede llevar a que algunos alelos se pierdan y que otros aumente su frecuencia relativa hasta el máximo valor de 1 (Freeland et al., 2011).

Sin embargo, otros tipos de selección pueden mantener la variabilidad en una población, como por ejemplo, la llamada *balanceadora*. Uno de los casos mejor conocidos de selección balanceadora es la que explica la persistencia del gen que dirige la síntesis de la beta-globina, componente de la hemoglobina. Los homocigotas para el alelo S sufren una enfermedad severa denominada anemia falciforme (porque los glóbulos rojos de los enfermos tienen forma de hoz) y por lo general, mueren muy jóvenes por la anemia (presión selectiva 1), pero son resistentes a otra presión selectiva, el plasmodio que produce la malaria (estos parásitos no se alojan en glóbulos rojos anormales). Los heterocigotas para el alelo normal (NS) tienen, en los ambientes donde la malaria es endémica, la mayor aptitud relativa ya que sufren de anemia leve pero son más resistentes al plasmodio que los homocigotos NN. El balance entre las presiones selectivas 1 y 2 mantiene el polimorfismo en esas poblaciones. En los lugares donde no hay malaria, la selección es direccional y tiende a eliminar el alelo S de la población.

Algunos caracteres fenotípicos como el peso, la altura, el coeficiente intelectual, la fecundidad, el momento de la floración en plantas, el tamaño de diversas estructuras, la resistencia a enfermedades, etc., dependen del control genético de varios loci que actúan sobre el mismo fenotipo. En estos casos, la variabilidad tiene una distribución de tipo continua; es decir, no podemos asignar a qué categoría fenotípica pertenece un individuo simplemente a partir de su observación (como en el caso de flores blancas, rosadas o rojas, por ejemplo); necesitamos medir. Por ello se denominan *caracteres cuantitativos*. En general, estos caracteres están determinados por la influencia combinada del genotipo y de los sucesivos ambientes que el embrión experimenta durante su desarrollo. Por ejemplo, si un individuo tiene la potencialidad genética como para alcanzar una altura importante, puede no manifestar ese fenotipo si experimentó falta de ciertos nutrientes durante su desarrollo (si estuvieron en Ischigualasto, en San Juan, o en ambientes similares ¿recuerdan cómo eran algunos algarrobos en esos lugares?).

Muchas veces es posible identificar cuáles son los loci que contribuyen a este tipo de variación, mediante una combinación de técnicas moleculares y estadísticas. Pero, aún cuando esto no se logre es posible medir qué proporción de la variabilidad fenotípica total está determinada por variación en los genes y qué proporción se debe a influencias ambientales; para ello es necesario calcular la '*heredabilidad*' de un carácter. Para que una población evolucione no solo debe haber diferencias en la supervivencia y en el éxito reproductivo entre las variantes genéticas, sino que además esa variación debe tener heredabilidad. De lo contrario, la población no podrá responder a la selección natural o bien, en el caso de especies de interés agropecuario, a la selección artificial. Si se cuantifica la heredabilidad se podrá inferir la posibilidad de obtener organismos "mejorados" para beneficio humano (ganado con mayor peso, espigas con mayor contenido proteico, mejores fibras para la industria textil, variantes vegetales mejor adaptadas a condiciones climáticas extremas, etc.) (Freeman & Herron, 2004).

5. ¿Por qué la evolución actúa sobre las poblaciones? ¿La evolución lleva a una mayor diversidad?

Como hemos visto, procesos como la mutación, la deriva genética, el flujo génico (fuerzas no direccionales) y la selección natural, que permite una mejor adaptación de los organismos a su ambiente, producen cambios en el reservorio genético de las poblaciones; es decir, son agentes de la evolución. A veces se produce la interrupción parcial o total del flujo génico entre poblaciones como consecuencia de barreras geográficas que las separan (glaciares, el surgimiento de un cordón montañoso, de cursos de agua) o bien por mecanismos intrínsecos como una duplicación de todo el genoma (que lleva a la *poliploidía*), cambios en la estructura cromosómica (como fusiones, fisiones o duplicaciones de algunos genes como los que controlan el proceso de desarrollo), o mutaciones en genes "clave" que determinan, por ejemplo, diferencias en el tiempo de maduración de gineceo y estambres, actividad diurna en algunos individuos y nocturna en otros, preferencia por distintos hospederos en el caso de parásitos, etc. Se inicia de esta manera un proceso fundamental en la historia de la vida: el surgimiento de nuevas especies o *especiación*. Mientras mayor variabilidad genética esté presente en

las poblaciones naturales, mayor será la probabilidad de que se produzcan estos cambios en su reservorio génico.

Las especies se han definido como las unidades evolutivas más pequeñas, ya que se originan cuando los procesos de selección natural, mutación, deriva y flujo génico se dan en un conjunto de poblaciones de manera independiente con respecto a otras poblaciones. A partir de evidencia indirecta se ha inferido que las primeras formas de vida sobre la Tierra datan de hace unos 4 mil millones de años. Desde entonces, esas formas se fueron diversificando hasta llegar a los millones (¿10? ¿50? ¿más?) de especies existentes. A través de todos esos años los cambios ambientales, muchas veces drásticos, han influenciado las oportunidades de especiación y diversificación, pero también han acelerado, durante algunos períodos, el proceso de extinción, que es el fin último de todas las especies. Si bien la extinción es un proceso natural, la preservación de la mayor diversidad genética posible en las formas de vida contemporáneas con el hombre sin dudas redundará en su beneficio (tal como se expusiera en los capítulos precedentes). Los cambios climáticos, la fragmentación de los hábitats naturales por actividades agrícolas, la caza y la pesca indiscriminada, la introducción de especies exóticas que terminan eliminando a las autóctonas, la polución industrial como producto de la actividad antrópica determinan un empobrecimiento del reservorio genético del cual muchas especies no se pueden recuperar porque los individuos no pueden ni adaptarse a esos cambios ni dispersarse lo suficiente como para sobrevivir (Freeland et al., 2011).

El conocimiento de la magnitud y distribución de la variabilidad genética intraespecífica resulta fundamental para establecer zonas prioritarias en programas de conservación de especies amenazadas o de aquéllas que el hombre utiliza para consumo o para mejorar su bienestar. En algunos casos, es importante poder incrementar, mediante manejo adecuado del ambiente, las posibilidades de flujo génico entre poblaciones adyacentes; de esta manera se puede contrarrestar la acción de la deriva genética, incrementando así la variabilidad en el reservorio génico de las poblaciones naturales, lo cual favorece sus posibilidades de adaptación. Es por ello que muchos programas de conservación de la biota natural contemplan estrategias para preservar los recursos genéticos en las especies que habitan áreas protegidas (Convenio sobre la Diversidad Biológica, en www.cbd.int/convention/convention.shtml).

6. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema?

1) *Equilibrio de Hardy-Weinberg y deriva genética.* Rescatar, entre los niños de la familia, piezas tipo “rasti” (“mis ladrillos” son los más adecuados) de dos colores diferentes (un buen número es, por ejemplo, 24 piezas blancas y 6 rojas). Con ellas, reproducir con los alumnos el modelo de la Figura 1: engarzando las piezas de a dos, formar 12 individuos homocigotos para el alelo “blanco” y 3 homocigotas para el “rojo”. Calcular las frecuencias de los dos alelos. Formar gametas, es decir, separar las piezas, y poner esas gametas por primera vez en contacto dentro de una bolsa no transparente o en una caja. Formar la próxima generación diploide sacando del “pool” génico piezas de a dos al azar (es decir, sin mirar). Aparecerán individuos heterocigotos, no presentes en la generación anterior y, con algo de buena suerte, la nueva proporción de genotipos seguirá aproximadamente lo esperado según el equilibrio de Hardy-Weinberg.

En el pizarrón, dibujar un cuadrado de Punnett con los valores de p y de q del experimento en los dos márgenes (uno con las frecuencias de alelos en los machos y el otro margen con la frecuencia en las hembras, que son los mismos valores) y calcular las frecuencias de genotipos que se debieran encontrar si la población estuviese en equilibrio.

Para ver los efectos de la deriva genética, repetir la experiencia pero sacando una parte menor de las gametas del pool (por ejemplo, 6 en total para formar 3 individuos); repetirlo varias veces (reponiendo las piezas retiradas) para observar que la deriva determina también diferencias en las frecuencias de alelos entre “demos”, simulando así que se parte de distintas poblaciones.

2) *Distribución de caracteres cuantitativos.* Para visualizar la diferencia en la distribución en una muestra entre caracteres “cualitativos” como “blanco” y “rojo” (herencia mendeliana simple), y caracteres cuantitativos (herencia poligénica) como “estatura”, preparar cartelitos con intervalos de los posibles valores de estatura de los alumnos del grado (averiguar previamente la mínima y la máxima y, en base a ello, definir los intervalos más convenientes). El día que se realice la actividad, pedir a los alumnos que se formen en fila según los cartelitos con el intervalo que corresponda a su estatura. Uno de los alumnos,

subido a un banquito, podrá comprobar que la distribución de la variable “estatura” sigue (o se aproxima bastante...) a una campana de Gauss, característica de una distribución “normal”. Además de repasar algunos conceptos básicos de bioestadística, la actividad da pie para explicar la herencia de caracteres cuantitativos (cualquier texto de Genética tiene información suficiente sobre el tema). A los más altos y a los más bajitos se les puede preguntar cómo son (o cómo eran) sus 4 abuelos, si piensan que en algún caso la baja estatura puede haber estado influenciada por una alimentación deficiente durante la infancia, etc. Mediante un diagrama de barras, se puede luego representar en el pizarrón la frecuencia observada de los distintos intervalos de fenotipos.

3) *Técnicas moleculares que se aplican en genética de poblaciones.* A partir de una búsqueda adecuada de bibliografía (además, en YouTube hay varios videos muy buenos), algunos alumnos explicarán a sus compañeros (para lo cual deberán previamente entenderlo muy bien) detalles del procedimiento de amplificación del ADN por PCR, de la obtención de microsatélites y de algunas técnicas actuales para secuenciar segmentos de ADN con el fin de demostrar polimorfismo entre individuos de la misma especie. Se puede realizar esta actividad mientras el resto del curso observa el video.

4) *Selección natural.* En la página: <http://faculty.washington.edu/herronjc/SoftwareFolder/AlleleA1.html> hay un programita muy simple que permite visualizar cómo se modificarán las frecuencias de alelos a través del tiempo bajo selección natural direccional, a partir de la introducción de diferentes valores de eficacia biológica (que se mide en términos de frecuencias relativas, entre 0 y 1). Si se da el mayor valor al genotipo heterocigoto, se puede observar que las frecuencias alélicas se mantienen constantes en el tiempo.

Referencias bibliográficas

- Alcock, J. (2005). *Animal behavior: an evolutionary approach*. Sunderland, M.A.: Sinauer Associated Inc.
- Butanda Ochoa, A., Guevara Flores, A., Guevara Fonseca, J., Matuz Mares, D., Lara Lemus, R. & Torres Durán, P. V. (2014). Modificaciones en la cromatina y la herencia epigenética. *Mensaje Bioquímico*, 41, 253-188.
- Bruford, M. W. & Wayne, R. K. (1993). Microsatellites and their applications to population genetics studies. *Current Opinion in Genetics and Development*, 3(6), 939-943.
- Camarena Gutiérrez, G. (2005). Feromonas de mamíferos. Extraído el 10 Diciembre, 2014, de <http://www.redcientifica.com/doc/doc200503110600.html>
- Dodson de Kremer, R. & Molina de Levstein, I. (1980). Enfermedad de Sandhoff o gangliosidosis GM 2, tipo 2. Alta frecuencia del gen en una población criolla. *Medicina (Buenos Aires)*, 40, 55-73.
- Fontdevilla, A. & Moya, A. (1999). *Introducción a la genética de poblaciones*. Madrid, España: Ed. Síntesis.
- Freeland, J. R., Kirk, H. & Petersen, S. (2011). *Molecular ecology*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- Freeman, S. & Herron, J. C. (2004). *Evolutionary analysis*. New Jersey, N.J.: Pearson Prentice Hall.
- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L. & deWaard, R. J. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 270(1512), 313-321.
- FAO. (2007). *La ADRS y la agrobiodiversidad* (Sumario de política 16). Extraído el 18 Febrero, 2015, de <ftp://ftp.fao.org/sd/sda/sdar/sard/SARD-agri-biodiversity%20-%20spanish.pdf>

- Li, W. H. (1997). *Molecular evolution*. Sunderland, M.A.: Sinauer Associated.
- Miyamoto, M. M. & Cracraft, J. (1991). *Phylogenetic analysis of DNA sequences*. New York, N.Y.: Oxford University Press.
- Mullis, K. & Faloona, F. (1987). Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase catalyzed chain reaction. *Methods in Enzymology*, 155, 335-350.
- Piña, C. I., Siroski, P., Larriera, A., Lance, V. & Verdade, L. M. (2007). The temperature-sensitive period (TSP) during incubation of broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*) eggs. *Amphibia-Reptilia*, 28(1), 123-128.
- Sadava, D., Hillis, D. M., Heller, C. & Berenbaum, M. R. (2011). *Life: the science of biology*. Massachusetts, EEUU: Sinauer Associates Inc.
- Templeton, A. (2006). Inbreeding. En A. Templeton (Ed.), *Population genetics and microevolutionary theory* (pp. 48-62). New Jersey, EEUU: John Wiley & Sons.

Glosario

- alelo*: cada una de las variantes alternativas de un gen que pueden ocupar un locus.
- biotecnología*: conjunto de técnicas basadas en el empleo de organismos vivos y en el aprovechamiento de interacciones entre ellos para la obtención de productos y procedimientos útiles para el hombre.
- clase genotípica*: conjunto de individuos que comparten un mismo genotipo en un locus particular.
- deriva genética*: cambios en las frecuencias alélicas de una población como resultado de error de muestreo al originar una nueva generación diploide a partir de un conjunto finito de gametas del “reservorio” génico de una población.

diploide: que cuenta con dos dotaciones de cromosomas, cada una procedente de cada progenitor.

endogamia: cruzamientos entre individuos que comparten ancestros cercanos en el tiempo.

epigenética: factores y procesos que determinan la regulación de la expresión de genes independientemente de las secuencias nucleotídicas.

especie: conjunto de individuos que se entrecruzan o que potencialmente pueden hacerlo. Grupo de poblaciones que evolucionan independientemente de otros grupos.

evolución biológica: cambios en la composición genética a través del tiempo.

fenotipo: manifestación observable (morfológica, bioquímica, fisiológica, de conducta, etc.) determinada por el genotipo y el ambiente en el cual se expresa.

flujo génico: moviendo de alelos de una población a otra mediante la dispersión y posterior reproducción de individuos o por diseminación del polen, esporas o propágulos.

genoma: la secuencia completa de ADN conteniendo la información genética total de una gameta, un individuo, una población o una especie.

genotipo: composición alélica específica en un gen o conjunto de genes.

haploide: con una sola dotación cromosómica.

heredabilidad: fracción de la variación fenotípica total de una población que es causada por diferencias genéticas entre los individuos.

herencia mendeliana: transmisión de genes nucleares de acuerdo con la teoría cromosómica de la herencia.

heterocigota: un genotipo individual con dos alelos diferentes en un locus particular en un par de cromosomas homólogos.

- histonas*: grupo de proteínas asociadas al ADN en los cromosomas.
- homocigota*: individuo o genotipo con dos alelos idénticos en el mismo locus en un par de cromosomas homólogos.
- locus* (plural, *loci*): posición de un gen en un cromosoma.
- locus autosómico*: locus en cualquier cromosoma excepto en los sexuales.
- meiosis*: proceso mediante el cual el número cromosómico de un diploide se reduce a la mitad durante la formación de las gametas o las esporas (en hongos y plantas).
- metabolómica*: estudio de todos los metabolitos presentes en las células o tejidos (intermediarios metabólicos de bajo peso molecular, hormonas, moléculas de señalización y metabolitos secundarios) originados en el proceso de conversión de energía de los alimentos en energía para crecer, reproducirse, responder a estímulos, etc.
- microsatélite*: segmento de ADN que consiste en repeticiones en “tandem” de 2 a 10 pares de bases. Por ejemplo, (AGC)₆ significa que esa secuencia está repetida 6 veces. Las variantes “alélicas” tienen diferente número de repeticiones de cada secuencia particular y, por ende, diferente tamaño molecular. Son muy polimórficos y están ampliamente distribuidos en el genoma de los eucariontes.
- mutación*: cualquier cambio heredable en la secuencia del ADN o en la dotación cromosómica.
- nucleótido*: unidad estructural de los ácidos nucleicos compuesta por una base nitrogenada, un azúcar y un grupo fosfato.
- plasticidad fenotípica*: habilidad de un genotipo particular para expresarse en diferentes fenotipos según las condiciones ambientales.
- polimorfismo*: en genética de poblaciones se denomina así a toda variabilidad que se encuentra en frecuencia tal (de al menos 1%) que su mantenimiento no puede ser explicado solo por mutación.
- proteómica*: estudios tendientes a obtener información sobre la identificación, caracterización y función de las proteínas.

recombinación: en la meiosis, proceso que genera un producto haploide por “crossing over” cuyo genotipo es diferente al de las dos gametas parentales.

recurso genético: cualquier material de origen animal o vegetal, microorganismos u otros que contengan unidades funcionales de herencia.

reservorio génico (“gene pool”): el total de los diferentes alelos de los miembros de una población que se entrecruzan en un tiempo dado.

selección natural: diferencia, en promedio, entre la supervivencia o fecundidad de individuos con cierto fenotipo en comparación con las de otros fenotipos.

unidades evolutivas significativas: poblaciones con bajos niveles de flujo génico y que pueden, por ello, estar genéticamente diferenciadas de otras poblaciones. En genética de la conservación se definen como poblaciones que muestran suficiente diferenciación genética como para justificar su manejo como unidades independientes.

zoonosis: enfermedades que pueden ser transmitidas de los animales al hombre.

Lecturas recomendadas

1) Eguiarte, L. E., Souza, V. & Aguirre, X. (Comp.). (2007). *Ecología molecular*. México, D.F.: Semanrant, Conabio, Instituto de Ecología, UNAM. Extraído el 10 Diciembre, 2014, de www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/530.pdf.

Se pueden consultar conceptos básicos; tiene un buen capítulo sobre marcadores moleculares.

2) Gallardo Narcisi, M. (2011). *Evolución. El curso de la vida*. Buenos Aires, Argentina: Ed. Médica Panamericana.

Es muy útil para comprender algunos principios generales sobre evolución biológica; abarca una amplísima temática en la disciplina.

3) Vizanos Pérez, J. L. (2014). *Claves de la genética de poblaciones: los mecanismos genéticos de la evolución*. Barcelona, España: Elsevier.

Este es uno de los pocos textos actualizados de genética de poblaciones que está en castellano; permite profundizar todos los temas de esta disciplina.

4) Jiménez Tejada, M. P., González García, F. & Hódar, J. A. (2008). El aprendizaje del concepto biológico de población: cómo pueden las ciencias sociales y las matemáticas colaborar con la didáctica de la biología. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 103-114. Extraído el 10 Diciembre, 2014, de <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/2416>.

Destaca la importancia de introducir el concepto de población en los libros de texto para comprender adecuadamente la evolución.

Sitios web recomendados

1) (http://web.ecologia.unam.mx/laboratorios/fmolina/pdf/lab/gen/MANUAL_DE_GENETICA_DE_LA_CONSERVACION.pdf)

Se abordan todos los conceptos básicos de la genética de poblaciones para fundamentar la teoría de la conservación de la biodiversidad.

2) International Union for Conservation of Nature. (<http://www.iucn.org/es/>).

Se recomienda acceder a las secciones: Publicaciones y Bases de datos y herramientas para la conservación.

3) Guía de Genética de Poblaciones. (<http://evolucion.fcien.edu.uy/Lecturas/GuiaGP2005.pdf>).

Se trata de un manual con explicaciones sencillas de los procesos responsables de la microevolución, es decir, de los procesos evolutivos que ocurren en escalas cortas de tiempo.

4) Marcadores moleculares: una herramienta para explorar la diversidad genética. (<http://www.fao.org/docrep/012/a1250s/a1250s17.pdf>).

Complementa parcialmente la escueta información que se da sobre el particular en el presente capítulo.

Autoevaluación

- 1) ¿Cómo se puede detectar la diversidad alélica intraespecífica?
- 2) Si en una muestra de 35 individuos de una población obtenemos información sobre las frecuencias de genotipos en 15 loci autosómicos y comprobamos que estas frecuencias no difieren significativamente del cuadrado de la suma de las frecuencias de alelos en cada uno de esos loci, ¿qué podríamos concluir sobre el sistema de cruzamientos en esa población?
- 3) Dé un concepto de deriva genética y de selección natural. ¿Pueden estos procesos producir evolución en las poblaciones naturales? Fundamente.
- 4) ¿Cuál es la importancia de cuantificar la heredabilidad de un carácter?
- 5) En el caso de especies en riesgo de extinción, ¿cuál es la importancia de tratar de incrementar el flujo génico entre sus poblaciones?

Sobre la autora



Cristina Noemí Gardenal es Bióloga y Doctora en Ciencias Biológicas, egresada de la Universidad Nacional de Córdoba. Desde 1991 es Profesora Titular (actualmente, Profesora Plenaria) de la cátedra de Genética de Poblaciones y Evolución de la carrera de Ciencias Biológicas, Facultad de Cs. Exactas, Físicas y Naturales de la UNC. Ha dictado numerosos cursos de post-grado en diversas Universidades e Institutos del país. Es miembro de la Carrera de Investigador del CONICET (actualmente, categoría Principal). Desde 2012 dirige el Instituto de Diversidad y Ecología Animal, dependiente del CONICET y de la UNC. Es autora de 90 artículos de investigación original en publicaciones periódicas de difusión internacional. Ha dirigido 6 Tesis doctorales y co-dirigido 7; actualmente dirige dos Tesis doctorales en realización. Su principal línea de investigación se refiere a la estructura genética de poblaciones y a la filogenia molecular de especies involucradas en la transmisión de enfermedades al hombre. E-mail: ngardenal@efn.uncor.edu

Capítulo 4. La diversidad de plantas con flores en la provincia de Córdoba

Antonia Oggero, Marcelo Arana y Evangelina Natale

Universidad Nacional de Río Cuarto

Resumen

La provincia de Córdoba está ubicada en la región central de Argentina, íntegramente dentro de la zona templada, y forma parte de un área de solapamiento e integración de la biota, con distribuciones e historias biogeográficas heterogéneas. Presenta en general una típica vegetación xerófila chaqueña, producto de procesos geológicos evolutivos que originaron una variedad de ambientes, como montañas, planicies y humedales. Por sus aptitudes climáticas y edáficas, su territorio se ha visto fuertemente explotado por las actividades humanas, principalmente por el avance de la frontera agropecuaria, la urbanización, los incendios, la tala, el sobrepastoreo y la invasión de especies exóticas. Estas transformaciones han dado como resultado un aspecto uniforme en gran parte de la región centro sur. Córdoba es la octava provincia de la Argentina en cuanto a la diversidad de plantas vasculares y las familias más numerosas, dentro de las plantas con flores, corresponden a las Dicotiledóneas.

Conceptos clave: Región Chaqueña, diversidad vegetal, biogeografía, Sierras, Llanura Pampeana.

Introducción

En este capítulo se tratará una aproximación al análisis y el estudio de la diversidad vegetal en la provincia de Córdoba, los patrones y procesos que han originado la misma, rescatando los servicios ambientales que prestan las plantas, su utilidad y de qué manera interactúan con el ser humano y los ambientes generados por él.

1. ¿Por qué se distribuyen así las especies?

La vegetación (del lat. *vegetatio*, *-ōnis*), se puede definir como el conjunto de plantas de un lugar en un espacio-tiempo determinado. La misma no es estable en el tiempo, cambia según una compleja interacción entre variables relacionadas con el clima, la geomorfología y las especies, a lo largo del tiempo y el espacio, debido a que el planeta es un único sistema geobiótico que evoluciona en conjunto. En la actualidad, el hombre se ha transformado en uno de los principales agentes estructuradores del paisaje tanto a escala local como mundial.

La idea de que las especies se originan en un lugar específico y desde ahí se mueven hasta alcanzar su ubicación actual fue la primera explicación de la distribución geográfica de los seres vivos y se denomina *dispersalismo*. Este pensamiento se ha modificado a través del tiempo, desde la existencia de un “Jardín del Edén” hasta las ideas actuales de centros de origen, renombrados como áreas ancestrales o centros de diversidad genética (Bueno & Llorente, 2001). Sin embargo el planteamiento sigue siendo el mismo: centro de origen y dispersión. El dispersalismo trata de explicar las historias particulares, individuales de cada especie, buscando el centro de origen de cada taxón y sus posibles rutas y mecanismos de dispersión. En cambio, una corriente de pensamiento diferente, la biogeografía de la *vicarianza*, trata de explicar los patrones semejantes compartidos por varias especies distintas (biotas) y las posibles relaciones entre las áreas. Asume que estos patrones son producto de cambios en la geografía (surgimiento de barreras) que afectan la distribución de biotas completas y no dependen de las capacidades de movimiento de cada taxón, por lo que no son historias únicas. En general se ha tratado a estos conceptos como opuestos, pero actualmente se los ha integrado, ya que la vicarianza también incluye a la dispersión, que ocurre previamente al surgimiento de las barreras geográficas. De acuerdo con esta concepción, las distribuciones geográficas de las especies evolucionan en dos etapas: movilidad e inmovilidad. Cuando los factores climáticos y geográficos son favorables, los organismos están en estado de “movilidad”, por lo que expanden activamente su área de distribución de acuerdo con sus capacidades de dispersión, adquiriendo las especies su distribución ancestral o cosmopolitismo primitivo, lo cual correspondería al proceso de dispersión. Cuando los organismos han ocupado todo el espacio geográfico

o ecológico (“hábitat”) disponible, su distribución se estabiliza. Este periodo de “inmovilidad” permite el aislamiento de las poblaciones en distintos sectores, mediante el surgimiento de distintos tipos de barreras y la consecuente diferenciación de nuevas especies, con lo que culminaría el proceso de vicarianza. Como consecuencia, las biotas resultan ser mosaicos complejos debidos a dispersión (expansión de las distribuciones) y vicarianza (fragmentación de las distribuciones), teniendo historias complejas y reticuladas.

En Argentina, casi todo el territorio de la provincia de Córdoba está incluido en el Dominio Chaqueño, Subregión Chaqueña, Región Neotropical, Reino Holotropical (Morrone, 2014). La subregión Chaqueña se encuentra representada en el territorio de la provincia de Córdoba por dos provincias biogeográficas: Chaco y Pampeana. La subregión Chaqueña consiste en una gran llanura de deposición de material de origen andino, subandino y serrano-pampeano, de transporte fluvial y eólico con superposición de geformas de distinta edad y en diferentes etapas de evolución. Cubre más de 1.000.000 de km² y es uno de los más grandes territorios biogeográficos de América Latina después del Amazonas. Cubre porciones de cinco países, siendo la Argentina la más extensa, con aproximadamente 600.000 km² y con mayor superficie convertida a usos agropecuarios: 89 a 91.000 km² en 2004 (Morello & Rodríguez, 2009).

2. ¿Cuáles son las especies de plantas de las distintas regiones de Córdoba?

La provincia de Córdoba posee una superficie de 165.321 km² y está situada entre los 29° 26' y 35° 01' S y los 61° 46' y 65° 47' O, en la región central de Argentina, íntegramente dentro de la zona templada, y forma parte de un área de solapamiento e integración de elementos bióticos, con distribuciones e historias biogeográficas heterogéneas y diferentes. En general presenta una vegetación xerófila típicamente chaqueña, producto de procesos geológicos evolutivos que originaron una variedad de ambientes, como montañas, planicies y humedales. En Argentina, Córdoba es la octava provincia en cuanto a la diversidad de plantas vasculares; las familias más numerosas, dentro de las plantas

con flores, corresponden a las Dicotiledóneas y son las Asteráceas (Asteraceae), Leguminosas o Fabáceas (Fabaceae) y Solanáceas (Solanaceae). Asimismo, las serranías cordobesas constituyen el cuarto centro de diversidad de helechos de Argentina. Además se ha registrado un alto índice de las especies endémicas del país, destacando la importancia del territorio provincial como unidad prioritaria de conservación.

Los estos ambientes de Córdoba han sido clasificados tradicionalmente en tres provincias *fitogeográficas* (Luti et al., 1979), tres *eco-regiones* (Burkart, Bárbaro, Sánchez & Gómez, 1999), o más recientemente, en dos provincias *biogeográficas* (Morrone, 2014), criterio utilizado en este trabajo. Por sus aptitudes climáticas y edáficas, su territorio se ha visto fuertemente explotado por las actividades humanas, principalmente por el avance de la frontera agropecuaria, la urbanización, los incendios, la tala, el sobrepastoreo y la invasión de especies exóticas (Oggero & Arana, 2012; Renison, Hensen, Suárez, Cingolani & Marcora, 2010). Estas transformaciones han dado como resultado un aspecto uniforme en gran parte de la región, encontrándose sólo algunos relictos aislados que aún permiten reconocer parte de la flora nativa. Dado el alto nivel de degradación que sufre la provincia de Córdoba (Arana, Morrone, Ponce & Oggero, 2013), se necesita un esfuerzo importante de protección (Bertonatti & Corcuera, 2000), por lo que el conocimiento de su biodiversidad y biogeografía resulta fundamental.

♦ En la provincia de Córdoba, la *provincia biogeográfica del Chaco* ocupa la región norte, centro y noroeste del territorio provincial, tanto en ambientes de llanura como en las sierras. En el sector que se extiende entre las Sierras del Norte, Villa General Mitre, Obispo Trejo y los cardonales y saladillos del oeste de la cuenca del Río Dulce, el estrato arbóreo está integrado por *Schinopsis quebracho-colorado* (quebracho colorado), *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco), *Prosopis nigra* (algarrobo negro), *Prosopis alba* (algarrobo blanco), actualmente amenazados de extinción por la intensa explotación forestal; *Zizyphus mistol* (mistol), *Geoffroea decorticans* (chañar), *Celtis ehrenbergiana* (tala) y *Jodina rhombifolia* (sombra de toro). Dentro del estrato arbustivo están presentes *Vachellia aroma* (tusca), *Vachellia caven* (espinillo), *Prosopis torquata* (tintitaco), *Cercidium australe* (brea), *Ximenia americana* (albarillo), *Lippia turbinata* (poleo), *Baccharis articulata* (carqueja). Otras especies representativas son *Stetsonia co-*

ryne (cardón), *Cereus validus* (ucle) y *Opuntia quimilo* (quimilo). Entre las epífitas se encuentran: *Tillandsia xiphioides* (clavel del aire) y las parásitas: *Cuscuta cristata* (fideos) y *Cuscuta indecora* (cabello de angel). El estrato herbáceo está compuesto por *Bromelia hieronymii* (chaguar), *Selaginella sellowii* (selaginela), *Alternanthera pungens* (yerba de pollo) y *Tragia geraniifolia* (ortiguilla). Son abundantes varias Poáceas como *Setaria argentina* (cola de zorro), *Sporobolus pyramidatus* (pasto del niño), *Eragrostis lugens* (pasto ilusión), *Digitaria californica* (pasto plateado), *Elionorus viridulus* (aibe) y *Bromus catharticus* (cebadilla criolla). En suelos salinos, cerca del límite con Santiago del Estero, aparece *Prosopis reptans* (retortuño) y *Prosopis ruscifolia* (vinal). En las cercanías de Sebastián Elcano, se encuentra palmares en pequeños grupos de la especie *Trithrinax campestris* (palma).

En el sector que se extiende al noroeste de las sierras cordobesas, ascendiendo por valles y cañadas hasta los 1000 m de altitud, predominan *Bulnesia retama* (retamo), *Bulnesia bonariensis* (jaboncillo), *Tabebuia nodosa* (palo cruz), *Prosopis pugionata* (alpataco), *Prosopis elata* (algarrobito), *Larrea divaricata* (jarilla) y *Mimozyanthus carinatus* (lata).

En las sierras, las principales unidades de vegetación que pueden observarse son Bosque, Estepa arbustiva (“romerillal”) y Estepa herbácea (“pastizal”). El Bosque serrano (Figura 1), que se extiende de los 500 a 1350 m s.m., comprende el piso de vegetación más conspicuo de las sierras. Las laderas expuestas al sur y sudeste reciben mayores precipitaciones y presentan especies tales como *Lithrea molleoides* (molle), *Zanthoxylum coco* (coco) y *Vachellia caven* (espinillo). Los faldeos con exposición norte y oeste son más secos y cálidos y entre su vegetación se incluye *Schinopsis lorentzii* (orco-quebracho). El Arbustal serrano, llamado comúnmente “romerillal”, se extiende desde los 800 m s.m. hasta los 1700 m s.m., ocupa suelos rocosos y pendientes no muy abruptas y puede caracterizarse por la presencia conspicua de *Baccharis aliena* (romerito) y *Acanthostyles buniifolius* (“romerillo” o “romerito”), acompañados en menor medida por *Baccharis articulata* (carqueja). En la estepa herbácea, que aparece por encima de los 800 m s.m., predominan las Poáceas como *Festuca hieronymi* (festuca), *Nasella filiculmis* (flechilla) y *Schizachyrium condensatum* (pasto escoba). La ausencia de barreras físicas o fisiográficas y los amplios ecotonos que relacionan la región del Chaco con unidades biogeográficas colindantes

como el Monte y las Yungas explican la escasez de endemismos plantas vasculares, entre los que habitualmente se citan, entre los árboles, *Bulnesia sarmientoi* (palo santo), *Aspidosperma triternatum* (quebracho negro) y *Schinopsis lorentzii* (quebracho colorado santiagueño).



Figura 1. Aspecto del Chaco serrano.

♦ La región sur y sudeste de Córdoba pertenece a la *provincia biogeográfica Pampeana*, cuya fisonomía principal es de sabana, con predominio de Poáceas que pueden alcanzar 1 m de altura, intercaladas con bosques xerofíticos similares a los del Chaco pero con predominio de otras especies (Figura 2), combinados con bosques en galería a lo largo de los ríos (Figura 3). Los elementos arbóreos característicos de la provincia biogeográfica de la Pampa son: *Prosopis alba* (algarrobo blanco), *Prosopis nigra* (algarrobo negro), *Aspidosperma quebrachoblanco* (quebracho blanco), *Zizyphus mistol* (mistol), *Schinus fasciculata* (moradillo), *Schinus longifolia* (moradillo), *Celtis ehrenbergiana* (tala) y *Geoffroea decorticans* (chañar), acompañados en menor medida por *Vachellia caven* (espinillo). Existen además poblaciones de *Trithrinax campestris* (palma). Hacia el sudoeste aparece *Prosopis caldenia*

(caldén), árbol endémico representativo de la provincia biogeográfica de La Pampa por antonomasia, acompañado de los arbustos *Baccharis articulata* (carqueja) y *Lippia turbinata* (poleo). Las Cactáceas son menos numerosas que en la provincia del Chaco, y predominan los géneros *Opuntia* (tunas) y *Cereus* (cardones). En el estrato herbáceo se destacan las Poáceas como colas de zorro y flechillas. En zonas de mayor humedad, a lo largo de los ríos aparecen *Salix humboldtiana* (sauce criollo), *Sambucus australis* (saúco) y *Baccharis salicifolia* (chilca), entre otras. En suelos muy arenosos presentes en el extremo sudoeste provincial hay médanos fijados por especies como: *Panicum urvilleanum* (tupe) e *Hyalis argentea* (olivillo). En las depresiones medianosas en donde la napa freática está muy cerca de la superficie, surge la *Cortaderia selloana* (cortadera), formando manchones característicos.



Figura 2. Aspecto de los bosques xéricos de la provincia Pampeana.

En los sectores de la Provincia de relieve muy llano y con cuerpos aislados de agua, la vegetación está conformada principalmente por diversas especies de Poáceas entre las que se destacan las flechillas y colas de zorro, acompañadas por las carquejas y *Heimia salicifolia* (quiebra arado).

En los sectores de depresiones y derrames fluviales se conforman humedales, ambientes que sirven de refugio a una alta diversidad de aves, en los que aparecen isletas de chañares y moradillos, los que a medida que se avanza hacia la orilla de los cuerpos de agua son reemplazados por matorrales de *Cyclolepis genistoides* (palo azul), *Atriplex undulata* (sampa) y *Maytenus vitis-idaea* (sal de indio) con estepas de *Juncus acutus* (junco negro) y otras plantas halófilas (“amantes de la sal”) como *Sarcocornia neei* (jume) y *Heterostachys ritteriana* (jume-cillo), acompañadas de la Poácea conocida como *Distichlis scoparia* (pelo de chanco), muy característica de estos ambientes. La vegetación acuática está conformada principalmente por plantas palustres como *Schoenoplectus californicus* (junco), acompañados de varias especies de plantas sumergidas.



Figura 3. Típico aspecto de los bosques ribereños de la provincia pampeana.

3. ¿Por qué se dice de algunas plantas que son yuyos, malezas o especies tolerantes?

Cuando hablamos de plantas hay varios conceptos que emparentamos, confundimos y hasta veces intercambiamos, como lo son “yuyos”, “plantas silvestres”, “hierbas”, “malezas”... pero ¿hay alguna diferencia entre estos términos? En general, se denomina “maleza”, “mala hierba”, “yuyo” o “planta indeseable” a cualquier especie vegetal que crece de forma silvestre en una zona cultivada o controlada por el ser humano como cultivos agrícolas o jardines. También son consideradas como maleza las plantas que crecen en forma agresiva, impidiendo el desarrollo normal de otras especies. En las situaciones agrícolas, las malezas, como producto de la alteración de la vegetación natural, son plantas indeseables y, posiblemente, constituyen el componente económico más importante del total del complejo de plagas, que también incluye insectos, ácaros, vertebrados, nematodos y patógenos de plantas (Food and Agriculture Organization [FAO], 2014). Muchas plantas comúnmente clasificadas como malezas pueden ser utilizadas para fines alimenticios o medicinales, como por ejemplo *Portulaca oleracea* (verdolaga) y *Taraxacum officinale* (diente de león), entre muchas otras. Además, muchas malezas que se desarrollan en áreas sometidas a barbecho son muy útiles, ya que sirven para prevenir la erosión del suelo y para reciclar sus nutrientes minerales (FAO, 2014).

Una definición más acertada o más completa del término maleza sería el de toda especie vegetal originaria de ambientes naturales y que, como respuesta a la actividad humana, comienza a interferir en los cultivos realizados por el hombre. Entonces las plantas silvestres pueden tornarse en “malezas” según el lugar donde aparecen y el momento en que lo hacen (Casadinho, 2013). Esto se puede ejemplificar a través de lo vivido por Rappoport¹, hace 18 años (Drausal, 2006), cuando recibió un libro sobre las verduras de hoja de México y donde comprobó que una de ellas, muy vendida en los mercados y consumida por toda la población, es *Chenopodium album* (llamada en Argentina quínoa blanca), especie situada en el número diez de la lista de las peores malezas del

¹ Roy Abraham Rappoport (Nueva York 1926–1997) fue un distinguido antropólogo, reconocido por sus contribuciones a los estudios del ritual y a la Antropología ecológica.

mundo. En este sentido, la mayoría de las especies de malezas se originaron de especies silvestres colonizadoras que se fueron adaptando a la actividad agropecuaria, conservaron características propias de su capacidad de colonización y fueron distribuidas por el hombre más allá de sus sitios de origen (Casadinho, 2013).

Otra palabra muy usada como sinónimo de maleza es “yuyo”, lo que en Argentina y Uruguay equivale a maleza o mala hierba. Esta palabra proviene del quechua *yuyu*, que significa hierba comestible o condimentaria, mientras que *Yuyuchacara* equivale a huerta y *yuyocamayoc* a horticultor (Drausal, 2006). Así, la diferencia entre una maleza y un yuyo radica en que este último hace referencia a una hierba que se puede comer. En este sentido, la gente de las grandes ciudades ya no es tan afortunada como los que viven en pueblos o en el campo, que pueden extraerlas de sus huertas o canteros y hacerse una comida, solo hay que conocer un poco más sobre nuestras plantas nativas.

Por otro lado, resulta importante reconocer que el ser humano ha ejercido a lo largo del tiempo un cierto control sobre las malezas en los espacios cultivados en el mundo entero, y las prácticas indebidas que implementó ejercieron una presión de selección que generó el predominio de las llamadas malezas resistentes o tolerantes al uso de algunos herbicidas. En términos generales, cuando hablamos de plantas “tolerantes” o “resistentes” nos referimos a plantas que evitan, a través de algún mecanismo, que un factor ambiental externo entre en su interior y provoque daño. Por ello decimos que si una planta puede evitar que un descenso de temperatura, por ejemplo, de 20 a 10 °C no afecte a sus tejidos ni a su fisiología, será resistente a ese factor. En este sentido, podemos encontrar plantas tolerantes a factores como la sequía y las altas concentraciones de sal, entre otras.

4. ¿Cómo se relacionan la diversidad vegetal y los servicios ecosistémicos con las perturbaciones ecosistémicas?

La diversidad vegetal provee de *servicios ecosistémicos* o *ambientales*, que representan los beneficios que las personas y las sociedades obtienen de los ecosistemas. Estos beneficios pueden ser directos, como la provisión de alimento, fibra o combustible, o indirectos, a través de

su influencia en los procesos ecosistémicos que son esenciales para la vida, como por ejemplo la fertilidad del suelo de la cual dependen cosechas con alto rinde, o la polinización, de la que depende la producción de frutos para consumo humano (Challenger & Dirzo, 2009).

En este sentido la biodiversidad es necesaria para mantener las funciones fundamentales del ecosistema, su estructura y sus procesos. Así, la biodiversidad, refuerza los servicios ecosistémicos porque los componentes que parecen redundantes en un momento pasan a ser importantes cuando se producen modificaciones. Por otro lado, la pérdida de diversidad biológica hace que los ecosistemas sean más vulnerables a las perturbaciones, disminuyan su capacidad de recuperación y tengan menos posibilidades de supervivencia (Oberhuber, Lomas, Duch & González Reyes, 2010). Pero, ¿de qué tipo de modificaciones hablamos? Los ecosistemas siempre han sufrido modificaciones naturales que responden a su propia dinámica. Sin embargo, a partir de los últimos milenios, sobre todo durante los siglos XIX y XX y de manera especialmente grave a partir de 1950, la presencia humana se ha convertido en un factor de cambio de la biodiversidad y los ecosistemas. Este disturbio antropogénico, si bien tiene algunas semejanzas con el cambio natural, tiene diferencias importantes, donde lo que más lo distingue no es solamente la magnitud sino la tasa a la que ocurre (Challenger & Dirzo, 2009). Algunos de los servicios ecosistémicos mencionados fueron analizados por la Evaluación de Ecosistemas del Milenio, a instancias de Naciones Unidas, donde se examinó el estado de 24 servicios que contribuyen directamente al bienestar humano. En dicha evaluación se llegó a la conclusión de que 15 de esos 24 servicios se encuentran en franco deterioro, entre ellos, algunos de suma importancia como el abastecimiento de agua dulce, la producción de la pesca de altura, el número y la calidad de los lugares de valor espiritual y religioso, la capacidad de la atmósfera para purificarse de contaminantes, la regulación de los riesgos de desastres naturales, la polinización y la capacidad de los ecosistemas agrícolas para asegurar el control de las plagas (Oberhuber et al., 2010).

Como mencionamos con anterioridad, los servicios ecosistémicos pueden ser clasificados como *directos* e *indirectos*. Entre los primeros encontramos los de *aprovisionamiento* (por ejemplo, alimentos, agua potable, leña, fibra, productos químicos biológicos, recursos genéticos) y de *regulación* de los ciclos biogeoquímicos (por ejemplo, regulación

climática, desecación, regulación y purificación de agua y polinización). Entre los *indirectos* encontramos los que se relacionan con los procesos del ecosistema que proporcionan servicios directos como: de *apoyo* (por ejemplo, almacenamiento de materia orgánica, formación del suelo, ciclo de los nutrientes, neutralización de desechos tóxicos), y otros que no necesariamente proveen materiales, como los *culturales* (por ejemplo, espiritualidad y religión, recreación y ecoturismo, estética, inspiración, educación, ubicación y patrimonio cultural).

El análisis de la biodiversidad en general, y del medio terrestre en especial, no puede restringirse a un contexto espacial y temporal muy pequeño para comprender cómo y por qué los sistemas naturales mantienen en el presente un entorno determinado de especies, y cuáles son las situaciones ambientalmente adversas (disturbios) que modifican drásticamente el ensamble de especies de un lugar y momento dado. En este sentido, un disturbio es un evento relativamente discreto en el tiempo que interfiere con la función y estructura de poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes, por lo que genera oportunidades para algunas especies y desventajas para otras. Debido a que el disturbio altera los recursos y las señales del ambiente también modifica, al menos temporalmente, el tamaño del nicho ecológico *efectivo* de las especies y pone en desventajas competitivas a algunas de ellas con respecto a otras. Esto permitirá al grupo de especies favorecidas persistir en la comunidad. La respuesta similar de diferentes especies a los disturbios ha conducido a proponer la idea de que las especies de una comunidad pueden ser clasificadas en distintos grupos de acuerdo con sus patrones de respuesta a los disturbios típicos del sistema. En las comunidades de la provincia de Córdoba existen grupos de plantas que poseen determinados atributos que les permiten ser colonizadoras importantes de sitios perturbados. Estas características han determinado que muchas especies se conviertan en invasoras y malezas, quienes causan serios problemas en ambientes naturales y agrícolas. Por ejemplo, si tenemos en cuenta las familias de plantas que predominan en la provincia de Córdoba, las Asteráceas (= Compuestas), familia que abarca a girasoles, margaritas, amor seco, cardos, etc., son plantas fundamentalmente herbáceas que dominan áreas abiertas pero también el sotobosque de los parches y remanentes de bosques nativos. Las Poáceas (= Gramíneas), familia de los pastos, dominan en comunidades vegetales de baja estatura como

pastizales templados serranos y de la llanura sur-este. Muchas especies de Asteráceas y Poáceas poseen atributos ecológicos como un ciclo de vida corto, una producción abundante de semillas que tienen gran capacidad de dispersión, amplia plasticidad fenotípica y una elevada resistencia a condiciones limitantes para el crecimiento vegetal.

Las especies de Fabáceas (=Leguminosas), familia de plantas cuyos frutos en general son una legumbre, como el ceibo, poroto, arvejilla, etc., presentan formas herbáceas, arbustivas, arbóreas y trepadoras. Muchas de ellas constituyen un grupo funcional importante en diferentes ecosistemas xerofíticos, ya que al asociarse con bacterias fijadoras de nitrógeno afectan de manera positiva la provisión de este nutriente para el resto de la comunidad vegetal y animal, sobre todo en suelos de baja fertilidad. Por su parte, las Cactáceas, familia de los cactus, pencas y tunas, almacenan cantidades importantes de líquido en sus tejidos carnosos. Con tales atributos, estas plantas suculentas dominan los ecosistemas áridos y desérticos, proveyendo recursos alimenticios a una gran variedad de animales que consumen sus tallos, raíces, flores o frutos. Las plantas de otras familias, se presentan fundamentalmente en ambientes más húmedos y protegidos de montaña, donde proveen recursos alimenticios para insectos y aves que consumen el néctar de sus flores y frutos.

Por otro lado, existen ecosistemas en los que el fuego es un factor esencial de selección, y en donde las especies poseen adaptaciones para responder positivamente a su presencia, la que facilita la dispersión de propágulos. En estos casos llega a decirse que la vegetación es “propensa” al fuego y que los ecosistemas están *adaptados* o mantenidos por el fuego. A diferencia de ellos, los ecosistemas *sensibles* a este disturbio no se han desarrollado con él como un proceso importante y recurrente, por lo que las especies que los forman carecen de adaptaciones particulares. En estos casos, la mortalidad es alta incluso cuando la intensidad del fuego es muy baja. En los ecosistemas *sensibles* la estructura y composición de la vegetación tienden a inhibir la ignición y la propagación del fuego. La vegetación perenne, tanto leñosa como herbácea de las regiones de clima mediterráneo como en nuestra provincia, está adaptada a soportar el paso recurrente de incendios, por lo que entre las plantas que la integran se observan diversas estrategias de respuesta. Por ejemplo, mientras unas especies aprovechan el paso del

incendio para repartir sus semillas, que pueden germinar con rapidez aprovechando el “descenso” de la competencia, otras pueden rebrotar tras el paso del fuego. En ambos casos las especies son *pirógenas*, pues aprovechan los nutrientes que proporcionan las cenizas para situarse con ventaja frente a especies que han sufrido más los efectos del fuego o porque pueden instalarse después a través de sus propágulos. Los incendios suelen convertirse en un problema sólo cuando las actividades humanas fragmentan estos ecosistemas, los combustibles se alteran y las igniciones aumentan.

5. ¿Qué especies de plantas son más probables de encontrar en el patio de mi casa o del colegio?

Las ciudades y pueblos constituyen ejemplos de ambientes artificiales por excelencia en los que generalmente sólo se toleran especies domésticas o adaptadas a las necesidades y gustos humanos (como por ejemplo perros, gatos y plantas cultivadas con flores vistosas, como el rosal). En estos lugares se pretende generar un entorno perfectamente controlado a medida de las necesidades residenciales y sociales humanas, de ahí que, hasta una época muy reciente, el crecimiento de las ciudades y espacios urbanos haya ignorado e incluso menospreciado su entorno natural, tratando incluso de eliminar los organismos “salvajes” que aparecían en ellas y que en general se consideraban como causantes de molestias (como por ejemplo las golondrinas en la ciudad de Río Cuarto, en el sur de la provincia de Córdoba).

En general, el urbanismo tradicional desarrollado en Argentina, y en Córdoba en particular, responde al denominado “tipo europeo”, en donde la edificación está aglomerada densamente, con pocos espacios verdes intercalados y con un fuerte crecimiento en altura. Además, sus límites externos, hasta hace pocos años estaban perfectamente delimitados, originando fronteras difíciles de traspasar por la flora y fauna local. En las últimas décadas se ha producido un notable cambio en este aspecto, con el desarrollo de barrios cerrados y “countries” que permiten una franja periurbana mucho más laxa, con mayor cantidad de espacios verdes, lo que en general facilita la colonización de especies nativas. Este grado de diferenciación ambiental entre las ciudades y sus entor-

nos respectivos varía en función de tres parámetros normalmente relacionados entre sí: el número de habitantes, la extensión superficial y, sobre todo, la densidad de la edificación.

En la constitución de las ciudades también intervienen el nivel de poder adquisitivo y diversos factores culturales, ya que en los sectores periféricos más desfavorecidos económicamente, las calles y caminos están generalmente sin asfaltar, los costados de los caminos y veredas aparecen colonizadas por vegetación ruderal, suelen abundar los vertederos o acumulaciones de residuos. Todos esos hechos favorecen la presencia de plantas y animales nativos que han logrado adaptarse a estos ambientes, generando una mejor conexión entre los ecosistemas urbanos y rurales circundantes. La extensión de los ambientes urbanos y de la infraestructura asociada al mismo produce un fuerte impacto en la biodiversidad e interfiere gravemente en los ciclos y procesos naturales de toda la región en la que se producen. Sin embargo, las ciudades, lejos de ser los entornos uniformes y prácticamente abióticos que se tiende a pensar, contienen una notable diversidad de micro-ambientes (parques, jardines domésticos, cementerios, orillas de ríos, arroyos o estanques, campos de deportes, edificios, interiores de las viviendas) en los que es posible encontrar un buen número de especies de animales y plantas, tanto especializadas como generalistas. Aunque pasa bastante desapercibida, la presencia de seres vivos está muy presente y en general en forma variada en las ciudades. Además de las plantas ornamentales que se cultivan en jardines y parques (la mayoría exóticas), existe toda una serie de especies silvestres que forman parte del entorno cotidiano y cuya presencia pasa casi inadvertida. En general, el medio urbano es muy hostil para la mayoría de las especies aunque las más resistentes pueden prosperar bien en ellas gracias a la falta de competencia. Estas especies aprovechan hasta el más mínimo resquicio entre el asfalto, cemento, entre las baldosas, o incluso sobre los cables y árboles.

En las ciudades son muy escasos los sectores en donde está presente un verdadero suelo que, generalmente, son objeto de un manejo intensivo por medio de la jardinería, lo que dificulta la instalación espontánea y exitosa de plantas. La mayor parte de la superficie está pavimentada o sometida a un continuo pisoteo o al paso de los vehículos y, desde el punto de vista biológico, se comporta del mismo modo que

las superficies rocosas (es el caso de las veredas, muros, cubiertas de edificios, etc.). Tal como ocurre en los afloramientos rocosos naturales, los primeros organismos que se instalan sobre los techos y paredes de las construcciones de las ciudades en la provincia de Córdoba, de clima en general templado, son los líquenes (los más comunes de encontrar en nuestra provincia son de la familia *Physciaceae*) y las cianobacterias (que forman el llamado “verdín” sobre las paredes húmedas), a los que rápidamente se unen musgos en los sectores más húmedos, a veces creciendo directamente sobre el cemento. Posteriormente pueden ir apareciendo diversas especies de plantas capaces de soportar cambios bruscos de temperatura, situaciones de intensa sequedad, umbría casi permanente y especialmente pobreza de nutrientes, como en los techos, cornisas y cables, tales como diversas especies del género *Tillandsia* (clavel del aire), he incluso algunas Poáceas como *Bromus catharticus* (cebadilla criolla). En las grietas de veredas y paredes de edificios viejos y abandonados crecen *Nicotiana glauca* (palán-palán), un arbusto nativo de flores amarillas tubulosas y *Cymbalaria muralis* (enamorada del muro), una especie con flores llamativas, pequeñas, de color lila, originaria de Europa.

Las zonas parqueadas, como plazas, jardines, bosques urbanos, costas de los ríos y patios de escuelas, cuentan con suelo descubierto con una disponibilidad de agua mayor a la del resto de la ciudad. Estos ambientes, a pesar de ser artificiales, se generan o mantienen con el objeto de permitir a los habitantes de ciudades y pueblos un “contacto con la naturaleza”, lo que en general se traduce en lograr, para la mayor parte de los habitantes, un servicio esencialmente ornamental y paisajístico (ya que son agradables a la vista, dan una sensación de frescura y proporcionan sombra y lugares propicios para las actividades al aire libre). Gracias a esto, constituyen un refugio para el establecimiento espontáneo de muchas especies de plantas, tanto exóticas asilvestradas en nuestra región como por ejemplo *Veronica persica* (verónica), de bellas flores celestes originaria de Asia, *Poa annua* (pastito de invierno), Poácea de origen europeo, *Cyperus rotundus* (cebollín), maleza de origen europeo de muy difícil erradicación, *Taraxacum officinale* (diente de león) de Europa, *Cotula australis* (botón dorado) originaria de Nueva Zelanda, y *Capsella bursa-pastoris* (bolsa de pastor). Entre las plantas nativas que, gracias al proceso de selección natural han

logrado adaptarse a los ambientes urbanos, se encuentran *Dichondra microcalyx* (oreja de ratón) excelente cubresuelos en lugares sombríos, *Lepidium didymum* (mastuerzo o quimpe), hierba comestible pariente de la rúcula, *Bowlesia incana* (victorita) con hojas palmatilobadas, y *Oxalis conorrhiza* (vinagrillo o trébol de flores amarillas) entre las más comunes. Además se encuentran *Nicotiana longiflora* (flor de sapo) de flores blancas en forma de trompeta que se abren al atardecer, *Nothoscordum gracile* (lágrima de la virgen) y *Passiflora caerulea* (pasionaria) enredadera de hermosas y extrañas flores y frutos comestibles.

En síntesis, las especies nativas son las más indicadas para usar en la planificación de la forestación de los ambientes urbanos, ya que requieren menos mantenimiento, están mejor adaptadas a las condiciones ambientales de los espacios públicos de las ciudades, consumen menos agua y sirven de hábitat y alimento para la fauna silvestre. Además, conocer nuestras plantas implica saber algo más sobre sus características, sus necesidades, su funcionamiento y el aporte que le otorgan a nuestros ecosistemas nativos, así como el rodearnos de nuestro patrimonio natural.

6. ¿Qué es lo que nunca se dice de algunas especies y qué es lo que frecuentemente se cree de otras?

Para la mayoría de las personas las plantas son seres casi inertes y prácticamente constituyen elementos de fondo de la naturaleza. Es muy fácil de olvidar que de ellas depende la vida de todos los animales, incluido el humano; ellas captan la energía del Sol a través del proceso de fotosíntesis y colocan esta energía a disposición de los animales como carbohidratos, liberando, como desecho de este proceso, el oxígeno que utilizamos para respirar. Las plantas también son las principales productoras de bebidas, productos industriales y medicinas, incluso sustancias que el ser humano utiliza para confeccionar la vestimenta, de los cuales el más conocido y más ampliamente usado es el algodón. La importancia de las plantas es tal, que podemos decir que ellas modificaron todo el ambiente del planeta, y muchas veces han cambiado el curso de la historia humana.

Hace aproximadamente doce mil años el ser humano empezó a domesticar algunos animales y a cultivar ciertas plantas. Este fue el cambio fundamental a partir del cual comienza la denominada “civilización”, tal como la entendemos. Todo ello coincidió con la última glaciación, en cuyo final el ser humano se encontró con una tierra fértil y laborable, hecho que favoreció a las sociedades primitivas el adoptar un estilo de vida diferente. En esta “la revolución agrícola” el ser humano, que tuvo un estilo de vida errante durante aproximadamente un millón de años, paulatinamente dejó de ser nómada y se convirtió en sedentario, domesticando algunas plantas y cultivándolas intensivamente. De acuerdo a los registros fósiles, el primer cereal que se domesticó fue el trigo (hacia el 8800 a.C.), procedente de la especie *Triticum boeoticum* (trigo silvestre) que aún crece silvestre en Oriente próximo. Los cereales fueron los primeros en ser cultivados, porque son fácilmente almacenables y, si se guardan en condiciones adecuadas, pueden conservarse largo tiempo sin perder sus cualidades nutritivas. *Zea mays* (maíz), otro cereal muy importante, es originario de América y era la alimentación básica de las poblaciones precolombinas de América Central y Sudamérica, donde los registros más antiguos proceden 6500-5500 a.C. Sin embargo, ya no se encuentra en estado silvestre.

Por otro lado, además del agua, casi todos los líquidos que se consumen dependen directa o indirectamente de las plantas. Para preparar bebidas suelen usarse diferentes partes de plantas a través de tres métodos básicos. (a) A partir de hojas frescas o secas, se preparan infusiones en agua caliente o hervida. (b) Semillas frescas o tostadas se infunden también en agua caliente. (c) Semillas o frutas machacadas se mezclan con agua y se dejan fermentar para producir diversas bebidas alcohólicas. Estos tres tipos de métodos de elaboración de bebidas han sido de gran importancia en la historia humana, brindándonos los muy apreciados té, café, vino y mate.

Como hemos visto, las diferentes partes de las plantas (hojas, ramas, semillas, frutos) nos han sido muy útiles. Pero las plantas también producen muchas sustancias químicas. Algunas son venenos mortales para el ser humano, por ejemplo, la estricnina, una droga altamente tóxica, se extrae de *Strychnos nux-vomica* (nuez vómica); otras son utilizadas en la medicina como el ácido salicílico, mejor conocido como aspirina, que se extrae de las hojas y corteza de una especie de sauce. Por siglos

estas hojas eran mascadas o bebidas en infusiones para quitar el dolor y bajar la fiebre. Otro ejemplo lo constituye *Cestrum parqui* (duraznillo negro), un arbusto muy común en Córdoba que es altamente tóxico. La ingestión de su follaje, corteza y frutos por parte de animales de granja y el ser humano resulta muy peligrosa; incluso la toxicidad se mantiene en hojas caídas y secas.

Las plantas también han sido fuente de hermosas leyendas, a modo de ejemplo presentamos la inspirada por la flor nacional de Argentina, *Erythrina crista-galli* (ceibo), de origen guaraní y transmitida por tradición oral.

Leyenda del Ceibo

A orillas del Paraná, vivía una indiecita fea, de rasgos toscos, llamada Anahí. Era fea, pero en las tardecitas veraniegas deleitaba a toda la gente de su tribu guaraní con sus canciones inspiradas en sus dioses y el amor a la tierra de la que eran dueños... Pero llegaron los invasores, esos valientes, atrevidos y aguerridos seres de piel blanca, que arrasaron las tribus y les arrebataron las tierras, los ídolos, y su libertad.

Anahí fue llevada cautiva junto con otros indígenas. Pasó muchos días llorando y muchas noches en vigilia, hasta que un día en que el sueño venció a su centinela, la indiecita logró escapar, pero al hacerlo, el centinela despertó, y ella, para lograr su objetivo, hundió un puñal en el pecho de su guardián, y huyó rápidamente a la selva.

El grito del moribundo carcelero, despertó a los otros españoles, que salieron en una persecución que se convirtió en cacería de la pobre Anahí, quien al rato, fue alcanzada por los conquistadores. Éstos, en venganza por la muerte del guardián, le impusieron como castigo la muerte en la hoguera.

La ataron a un árbol e iniciaron el fuego, que parecía no querer alargar sus llamas hacia la doncella indígena, que sin murmurar palabra, sufría en silencio, con su cabeza inclinada hacia un costado. Y cuando el fuego comenzó a subir, Anahí se fue convirtiendo en árbol, identificándose con la planta en un asombroso milagro. Al siguiente amanecer, los soldados se encontraron ante el espectáculo de un hermoso árbol de verdes hojas relucientes, y flores rojas aterciopeladas, que se mostraba en todo su esplendor, como el símbolo de valentía y fortaleza ante el sufrimiento.

Tomada de la narración oral

Existen muchas otras cosas que contar acerca de las plantas. Entre las especies nativas más populares por su uso en Córdoba podemos citar *Prosopis alba* (algarrobo blanco), *Minthostachys mollis* (peperina), *Baccharis articulata* (carqueja), *Hedeoma multiflorum* (tomillo de las sierras), *Phlegmariurus saururus* (cola de quirquincho), *Aloysia gratissima* (cedrón del monte), *Dysphania ambrosioides* (paico) y *Lippia turbinata* (poleo). Con respecto a los algarrobos, su nombre vulgar proviene originalmente de una palabra de origen árabe y fue puesto por los conquistadores españoles, que compararon este árbol, tal vez por sus vainas comestibles, con *Ceratonia siliqua* (algarrobo europeo), cuyos frutos también son dulces como los del nuestro.²

7. ¿Cómo se estudia la diversidad vegetal?

Desde la segunda mitad del siglo XX se ha estudiado intensamente la diversidad. Algunos trabajos fueron motivados por el interés en establecer relaciones entre los cambios de la riqueza de especies y la producción de biomasa en los ecosistemas (McNaughton, 1968); otros se centraron en las relaciones entre el número de especies y la estabilidad de los ecosistemas (MacArthur, 1972), o en la creación de modelos que expliquen escenarios actuales y futuros de intervención del hombre sobre los ecosistemas. Este listado seguramente es mucho más extenso y ha producido valiosas contribuciones científicas, publicadas en prestigiosas revistas. Algunas de ellas han generado encendidos debates sobre cómo, cuándo y por qué tomar la diversidad de los ecosistemas, mientras que otras han elaborado índices que informan sobre la diversidad y que hoy son calculados con programas estadísticos en brevísimo tiempo. Pero a pesar de todos estos avances, numerosos trabajos científicos informan que la diversidad de los ecosistemas, especialmente de los terrestres, se encuentra amenazada como consecuencia de actividades del hombre como la domesticación de las plantas y el desarrollo de la agricultura (González Fernández, 2005). Aunque sin asumir totalmente que el hombre sea el único culpable de la extinción de los seres

² Ver Historias sobre el Algarrobo en: <http://pueblosoriginarios.com/sur/andina/diaguita/algarrobo.html>

vivos, debido a la fragmentación, pérdida y/o pauperización de hábitat naturales, que producen la retracción numérica, segregación espacial de los organismos hacia otros sectores, alteración de su comportamiento y otros desórdenes que ponen en peligro su existencia.

La diversidad vegetal se estudia realizando un inventario de todas las especies, ecosistemas, paisajes, etc. en el lugar de interés, o sea relevando el número y la cantidad de elementos. Luego se realiza el monitoreo de la biodiversidad cada cierto tiempo con el fin de detectar cómo ha cambiado. Los métodos para determinar la presencia y/o la cantidad de organismos vegetales pueden ser clasificados en forma general, de la siguiente manera:

a) Método directo: colecta en seco (secadas y herborizadas) o húmedas (conservadas en frascos con líquidos), con el conteo directo de distintas especies en un determinado lugar para así determinar el número de especies (riqueza específica), o bien registrar el porcentaje del suelo que cubren todos los individuos de una misma especie, y así poder determinar la cobertura-abundancia por especie.

b) Método indirecto: detectar e identificar comunidades vegetales a partir de fotografías, imágenes satelitales, etc.

c) Métodos cuantitativos: se utilizan para evaluar densidad, frecuencia y porcentaje de cobertura de las especies en referencia a una unidad de superficie, para lo cual se emplean cuadros, círculos o transectas, donde se registran la presencia de las especies, la cantidad de individuos por especie y la superficie que cubre cada especie en el área de muestreo.

d) Métodos cualitativos: se tiene en cuenta el hábito de crecimiento de las especies (hierbas, arbustos o árboles) y el origen (nativa o exótica).

8. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema?

1) “*Descubrimos la biodiversidad urbana*”.

a) Leamos el siguiente texto:

El ecosistema urbano, que difiere sustancialmente de los biotopos naturales en varios aspectos fundamentales, es el más reciente de los que existen sobre la Tierra. Sin embargo, en la actualidad se está superando, por primera vez en la historia de la humanidad, el umbral del 50% de la población humana global habitando en núcleos urbanos. No obstante, las ciudades albergan un mosaico de hábitats singulares que dan cabida a diversas especies de animales y plantas, muchas de las cuales encuentran su óptimo ecológico precisamente en los espacios urbanos. Consecuentemente, la organización de las ciudades no puede hacerse pensando que sólo las personas utilizan ese espacio, ya que una serie de animales y plantas conviven en ellos.

b) Organicemos un safari fotográfico por la ciudad. Para ello, se les pide a los estudiantes que presenten una muestra fotográfica en la escuela, de los seres vivos que cohabitan naturalmente en la ciudad y que muchas veces pasan inadvertidos, con las características de los hábitats y qué posible influencia pueden tener en las personas.

2) “*Imagina una ciudad sin árboles*”. Responde la siguiente pregunta: “¿Te gustaría vivir en un lugar así? Explica por qué”. Luego, te invitamos a recorrer por lo menos una plaza y un espacio verde del lugar donde vives y distinguir los árboles que encuentras en ellos. A partir de esta información, contestaremos las siguientes cuestiones:

a) ¿Qué especies de árboles encontramos en el lugar visitado? ¿Son nativas o exóticas?

b) ¿Qué características te ayudan a identificarlos?

c) ¿Te parece importante la presencia de árboles en la ciudad? ¿Por qué?

d) Selecciona una especie de árbol que hayas encontrado y realiza un poster con las características de la misma y los beneficios que nos brinda, colócalo en la estera de la escuela.

3) ¿Sabías que, además de las plantas ornamentales que cultivamos en jardines, paseos y glorietas, existe toda una serie de especies silvestres que aprovechan todos los resquicios entre el asfalto o el hormigón, y que apoyándose en la tierra conviven con nosotros? Forman parte del paisaje urbano, ¡casi en silencio! ¿Te animás a descubrirlas y darlas a conocer? ¿Cómo lo harías?

Referencias bibliográficas

- Arana, M. D., Morrone, J. J., Ponce, M. & Oggero, A. J. (2013). Patrones biogeográficos de los helechos de las sierras de Córdoba (Argentina) y sus implicancias en la conservación. *Gayana Botánica*, 70(2), 357-376.
- Bertonatti, C. & Corcuera, J. (2000). *Situación Ambiental Argentina 2000*. Buenos Aires: Editorial Fundación Vida Silvestre.
- Bueno, A. A. & Llorente, J. (2001). Una visión histórica de la biogeografía dispersionista con críticas a sus fundamentos. *Caldasia*, 22(2), 161-184.
- Burkart, R., Bárbaro, N. O., Sánchez, R. O. & Gómez, D. A. (1999). *Eco-regiones de la Argentina*. Buenos Aires: Administración de Parques Nacionales.
- Casadinho, J. S. (2013). Las plantas silvestres, nuevos transgénicos y el herbicida 2, 4 D. La necesidad de un manejo integral desde la comprensión a la acción. Extraído el 10 Diciembre, 2014, de http://www.isepci.org.ar/descargas/publicaciones/las-plantas-silvestres-nuevos-transgenicos-y-el-herbicida-2-4-d_113.pdf
- Challenger, A. & Dirzo, R. (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En R. Dirzo, R. González & J. I. March (Eds.), *Capital natural de México. Vol. II Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 37-73). México: CONABIO.
- Drausal, B. S. (2006). *Buenezas en la Mesa*. San Carlos de Bariloche.

- FAO. (2014). *AGP-Biodiversidad y servicios de ecosistemas*. Extraído el 10 Diciembre, 2014, de www.fao.org/agriculture/crops.es
- González Fernández, M. (2005). Desarrollo rural en áreas de montaña: más allá de las políticas europeas. En *Agricultura familiar en España 2005* (pp. 159-164). Madrid: UPA.
- Luti, R., Solis, M. A. B., Galera, F. M., Ferreyra, N. M., Brezal, M., Nores, M., Herrera, M. A. & Barrera, J. C. (1979). Vegetación. En J. B. Vazquez, R. A. Miatello & M. E. Roqué (Eds.), *Geografía física de la Provincia de Córdoba* (pp. 297- 368). Córdoba: Boldt.
- MacArthur, R. H. (1972). *Geographical Ecology. Patterns in the distribution of species*. New York: Harper & Row.
- McNaughton, S. J. (1968). Structure and function in California grasslands. *Ecology*, 49(5), 962-972.
- Morello, J. H. & Rodríguez, A. F. (2009). *El Chaco sin bosques: la Pampa o el desierto del futuro*. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora.
- Morrone, J. J. (2014). Biogeographical regionalisation of the Neotropical region. *Zootaxa*, 3782(1), 1–110.
- Oberhuber, T., Lomas, P., Duch, G. & González Reyes, M. (2010). *El papel de la biodiversidad*. Madrid: Centro de Investigación para la Paz.
- Oggero, A. J. & Arana, M. D. (2012). Inventario de la biodiversidad de plantas vasculares del sur de la zona serrana de Córdoba, Argentina. *Hoehnea*, 39(2), 169- 197.
- Oggero, A. & Natale, E. (2013). *Reserva natural urbana Bosque Autóctono El Espinal, explorando su biodiversidad*. E-book. Río Cuarto, Argentina: Editorial UniRío.
- Renison, D., Hensen, I., Suárez, R., Cingolani, A. M. & Marcora, P. (2010). Soil conservation in Polylepis mountain forests of Central Argentina: Is livestock reducing our Natural capital? *Austral Ecology*, 35(4), 435-443.

Lecturas recomendadas

1) Brown, A., Martínez Ortiz, U., Acerbi, M. & Corcuera, J. (2006). *La Situación Ambiental Argentina 2005*. Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina.

Un enfoque eco-regional de la problemática ambiental de la Argentina, como son el cambio climático, conservación y uso sustentable de la diversidad, uso y degradación del suelo, urbanización, contaminación y grandes obras.

2) Cabido, D., Cabido, M., Garré, S. M., Gorgas, J., Miatello, R., Ravelo, A., Rambaldi, S. & Tassile, J. L. (Coord.) (2003). *Regiones naturales de la Provincia de Córdoba*. Córdoba, Argentina: Agencia Córdoba D.A.C.yT. - Dirección de Ambiente.

Un ensayo sobre una regionalización ecológica del territorio de la provincia en diferentes unidades ambientales, con la localización y descripción de cada una de ellas.

Sitios web recomendados

1) Pueblos originarios. (<http://www.pueblosoriginarios.com/>).

Esta página web intenta divulgar el conocimiento de las culturas nativas americanas. Ofrece una gran diversidad de fuentes de información, en constante actualización y con el continente dividido en áreas culturales.

2) Árboles nativos. (<http://www.arbolesnativos.org.ar/>).

Este sitio URL nos brinda una excelente información acerca de la flora nativa de Argentina, centrada en los árboles de las diferentes regiones del país.

3) (<http://www.turismocordoba.com.ar/turismo/productos/naturales.php>).

Constituye una excelente guía de los diferentes ambientes de Córdoba, con una descripción de los mismos e información fundamental para su visita.

4) (http://www.fundacionacude.org/ver_seccion.php?idNoticias=0&idSeccion=3).

Sitio web de la fundación ACUDE, donde podemos encontrarnos on-line con el libro: “Problemática ambiental con especial referencia a la Provincia de Córdoba”, de Federico Kopta, editado por la mencionada Fundación, el cual trata varios aspectos de la problemática en la Provincia.

Autoevaluación

- 1) ¿Qué árboles son típicos de la provincia biogeográfica del Chaco y de la Pampa?
- 2) Si viajamos de vacaciones a las sierras, ¿qué ambientes naturales estaremos visitando? ¿Qué características tienen?
- 3) ¿Qué diferencias fundamentales existe entre un yuyo y una maleza? ¿Podrías dar ejemplos de cada uno?
- 4) ¿Cuáles son los servicios ecosistémicos que están peligrando a nivel global? ¿Cuáles de ellos puedes identificar de los ecosistemas de la provincia de Córdoba?
- 5) ¿Qué características de las Poáceas, Asteráceas y Fabáceas les han permitido estar muy bien representadas en los ambientes de la provincia de Córdoba? ¿y de las Cactáceas?
- 6) ¿Qué especies de plantas podemos encontrar creciendo en forma silvestre en los parques y plazas de los diferentes lugares de la provincia de Córdoba?
- 7) A menudo es posible escuchar que sin las plantas no habría civilización humana tal cual la conocemos. ¿Estás de acuerdo? ¿Por qué?

Sobre los autores



Antonia Oggero (derecha) es Lic. y Doctora en Cs. Biológicas. Se desempeña como Prof. Adjunta en la Orientación Plantas Vasculares del Departamento Cs. Naturales, Fac. de Cs. Exactas Fscs-Qcas y Naturales (FCE-FQN) de la UNRC. Codirectora del Proyecto de Investigación Vegetación Nativa y Agricultura: aporte para un desarrollo sustentable dentro del programa Biodiversidad y Desarrollo: ¿un equilibrio posible? Directora de la Reserva Natural Urbana “Bosque Autóctono “El Espinal”. Autora de diferentes trabajos de investigación científica, en educación y divulgación. Su área de trabajo es la Ecología vegetal, conservación de la biodiversidad y educación ambiental. E-mail: aoggero@exa.unrc.edu.ar

Evangelina S. Natale (izquierda) es Doctora en Ciencias Biológicas y se desempeña como docente en la orientación de Plantas Vasculares de la FCEFQN de la UNRC. E-mail: enatale@exa.unrc.edu.ar

Marcelo D. Arana (centro) es Doctor en Ciencias Biológicas, y docente e investigador en el Departamento de Ciencias Naturales de la FCEFQN de la UNRC. E-mail: marana@exa.unrc.edu.ar

Capítulo 5. Las plantas invasoras: una amenaza para los ecosistemas de Córdoba

Paula A. Tecco y Melisa A. Giorgis

Universidad Nacional de Córdoba – Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV), CONICET

Resumen

La invasión por plantas exóticas constituye uno de los principales problemas ambientales del mundo. Estas especies dominan los ecosistemas invadidos y, por lo tanto, modifican su funcionamiento (ciclos hidrológicos, ciclado de nutrientes, intensidad de incendios), condicionando los bienes y servicios que estos nos proveen (como el agua durante todo el año). La Provincia de Córdoba no es ajena a esta problemática. En los últimos años el avance de las especies invasoras se sumó al desmonte y urbanización de las sierras, condicionado no solo la distribución actual de la vegetación sino también su identidad, funcionamiento y capacidad de recuperación. En este contexto, las invasiones biológicas han sido incluidas como una temática importante en el currículo escolar. En este capítulo se abordan conceptos claves de la ecología de invasiones, con especial énfasis en las plantas invasoras de Córdoba, y se brindan algunas herramientas para abordar la problemática en el aula.

Conceptos clave: nativa, exótica, naturalizada, invasora, impactos ecológicos, prevención de invasiones, control de invasiones.

Introducción

Desde los últimos años, las invasiones biológicas constituyen uno de los problemas ambientales más relevantes a escala regional y mundial. Desde mediados del siglo XX se han incrementado exponencialmente los antecedentes e investigaciones sobre esta problemática, dando como resultado un gran cuerpo de conocimiento sobre las bases ecológicas

de las invasiones y sobre sus impactos en los ecosistemas. Las especies exóticas, en particular las plantas, cuando se vuelven invasoras y dominan grandes extensiones modifican los procesos de los ecosistemas que invaden y, por ende, los servicios y bienes que estos proveen. De este modo, generan impactos tanto ecológicos, como económicos y sociales. En otras partes del mundo, como Australia, hay un gran desarrollo de medidas de prevención y control de las invasiones biológicas respaldadas por investigación científica, un sólido marco de legislación nacional e importantes esfuerzos en la educación y concientización social sobre la problemática. En Argentina, en cambio, la inclusión de la ecología de invasiones en las agendas de los científicos y gobernantes es más reciente, pero afortunadamente está adquiriendo relevancia. Si bien las medidas de prevención y control todavía son escasas, hay un notable incremento en las investigaciones. Esto permite comenzar a diagnosticar la magnitud en la cual estarían afectados nuestros ecosistemas por las especies invasoras, cuáles son las especies, cuáles son sus impactos y qué se puede hacer al respecto. La problemática de las invasiones biológicas también ha comenzado a aparecer con mayor frecuencia en los medios de comunicación y, felizmente, en los últimos años se ha incorporado como un área temática de la curricula escolar. En este capítulo se desarrollarán algunos conceptos claves de la Ecología de Invasiones, con especial énfasis en las plantas invasoras de las comunidades vegetales de Córdoba. Finalmente se proponen algunas herramientas para abordar la problemática en el aula.

1. ¿Qué es una especie exótica y cómo se convierte en invasora?

El movimiento de los organismos (dispersión), es un proceso natural muy importante para la distribución de la vida en el planeta. Su relevancia es tal que a largo de la historia de la Tierra ha determinado, junto con otros procesos como vicarianza, deriva continental y especiación, los patrones de biodiversidad del planeta. La especie humana es parte de ese proceso y esa dinámica.

El proceso de dispersión está limitado por numerosas barreras, siendo las geográficas como las montañas y océanos las más evidentes. Sin embargo, y especialmente desde el siglo XX, la especie humana ha lo-

grado vencer todas las barreras posibles, incluso aquellas que parecían imposibles. Como resultado, por primera vez en la historia de la Tierra, una especie puede moverse hacia cualquier lado del planeta en sólo veinticuatro horas. Pero los humanos no se desplazan solos, llevan de forma intencional o accidental, y por múltiples razones (alimento, protección, mascotismo, ornamentación, etc.), todo tipo de organismos (plantas, animales, hongos, bacterias o virus). Cambiando así su distribución, éstos logran conquistar el mundo en muy poco tiempo.

La incorporación de una especie a un nuevo hábitat no es un proceso neutral, ya que ésta comienza a interactuar con las especies nativas y con los factores abióticos del lugar. Es decir, pasa a formar parte de los flujos de materia y energía del sistema. Para que una especie exótica se transforme en *invasora* debe pasar por una serie de etapas o estados (introducida, naturalizada, invasora) que constituyen el *proceso de invasión* (Figura 1). Pero antes de avanzar sobre éste, es importante dejar en claro que a una *especie exótica* se la define como aquella trasladada e introducida por el *hombre* desde su lugar de distribución original a un nuevo ecosistema. Este traslado puede ser intencional, como sucede cuando una persona trae de lejanas tierras una planta de recuerdo y la trasplanta en su jardín. También puede ser accidental y menos evidente, como ocurre cuando se trasladan esporas y semillas pegadas en las suelas de los zapatos o en el equipaje. En Europa central, algunos investigadores diferencian las exóticas que fueron introducidas por el hombre antes o después del año 1492 en *arqueoexóticas* y *neoexóticas*, respectivamente. Sin embargo este criterio es muy difícil de seguir, ya que muchas introducciones son accidentales y, por lo tanto, suele desconocerse el momento en el que la especie fue introducida por primera vez.

Otro punto importante en esta discusión es que la definición de *exótica* nos lleva, implícitamente, a una dicotomía: nativo *versus* exótico. Sin embargo, no existe consenso absoluto sobre el o los criterios para definir una especie como nativa y otra como exótica, sobre todo en los casos en los que no se está seguro si la especie llegó ayudada por el hombre. En el caso de Córdoba, algunas especies como *Ligustrum lucidum* (siempre verde) y *Morus alba* (mora) pueden considerarse claramente exóticas, ya que son originarias de Eurasia y desde donde han sido traídas como especies ornamentales. Sin embargo, hay es-

pecies como *Jacaranda mimosifolia* (jacarandá) o *Manihot grahamii* (cafeto), cuya clasificación es más controvertida. Por un lado, al ser nativas de otras regiones fitogeográficas de Argentina (como las Yungas del Noroeste o las selvas Paranaenses) podrían considerarse con un criterio estricto exóticas en los bosques de Córdoba. Sin embargo, algunos investigadores consideran que estas especies, a diferencia de las asiáticas, podrían considerarse especies nativas que están ampliando su rango nativo de distribución. Esta última postura asume que las especies podrían haber llegado solas, aunque el hombre las esté plantando actualmente, y aunque el clima y el tipo de vegetación del nuevo sitio sea muy diferente. En el marco de este capítulo no serán abordados los matices de esta discusión, pero se sugieren las siguientes lecturas para quienes quieran profundizar en este punto: Richardson et al. (2000) y Castro-Díez, Valladares y Alonso (2004). Por otro lado, en el contexto del aula se sugiere exponer la definición clásica pero sin desconocer que hay algunas especies cuya clasificación en *nativa* o *exótica* puede generar controversias.

Volviendo al proceso de invasión (Figura 1), aquellas especies exóticas que luego de introducidas logran reproducirse sin los cuidados del hombre (sin que las siembre, riegue o proteja) y consiguen establecerse y reproducirse fuera de los jardines, formando poblaciones estables en las comunidades vegetales del lugar, se las denomina *especies naturalizadas*. Si algunas de estas especies naturalizadas logran incrementar su abundancia y dominar en el paisaje se las denomina *especies invasoras*. Nuevamente, como ocurre con la definición de especie exótica, también hay algunas controversias entre los científicos en los criterios para definir cuándo una especie naturalizada se vuelve invasora. Hay consenso en cuanto a que deben propagarse y volverse abundantes (Figura 1), pero algunos sostienen que además debe ser evidente un efecto negativo en el funcionamiento de la comunidad invadida. No obstante, cada vez es mayor el número de investigaciones que muestran que cualquier especie que domina en una comunidad modifica algún aspecto de su funcionamiento. Por tal motivo, los criterios de expansión en el paisaje y dominancia incluirían implícitamente el impacto.

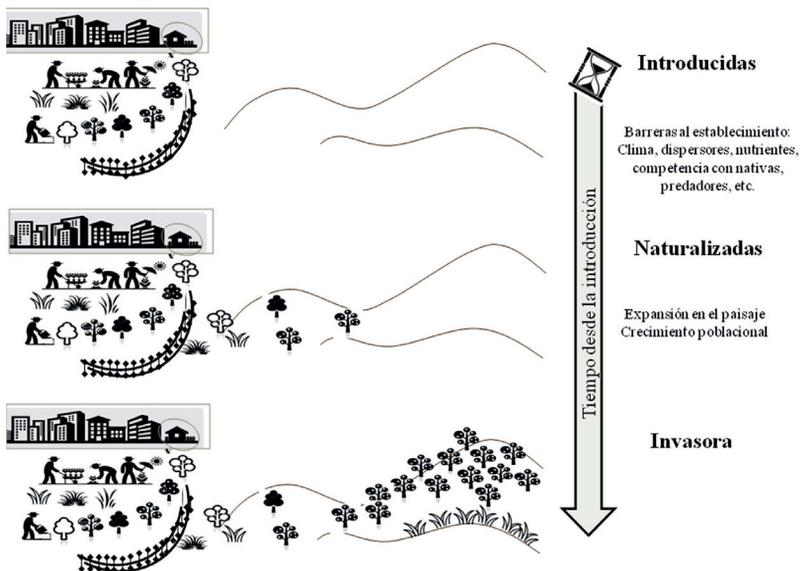


Figura 1. Proceso de invasión. De las especies que son introducidas al sistema solo algunas logran reproducirse y establecerse bajo las condiciones ambientales y en el contexto de las interacciones del nuevo sistema. Aquellas que logran establecer poblaciones reproductivas viables se las denomina especies naturalizadas. De estas últimas, solo algunas y en períodos muy variables de tiempo (período de latencia) logran expandirse y aumentar en abundancia hasta dominar en el nuevo sistema y así transformarse en especies invasoras.

Desde el momento en que la especie se naturaliza hasta que se transforma en una especie invasora pasa una cierta cantidad de tiempo. A este período se lo denomina *fase de latencia* o *retardo temporal* y puede ser muy variable entre las especies (ver Mack et al., 2000, por más detalles sobre este fenómeno). Este período es sumamente importante ya que enmascara futuras especies invasoras y dificulta la posibilidad de adelantarse y controlar una invasora antes que se vuelva un problema. Probablemente hace 20 o 30 años en las Sierras Chicas de Córdoba nadie se hubiese imaginado que los *Ligustrum lucidum* de las veredas (siempre verdes) y las *Pyracantha* spp (grateus) usadas como cercos vivos en los jardines se fueran a transformar en las especies dominantes del paisaje. En Río Ceballos y alrededores el siempre verde se plantó en las veredas a prin-

cipios de siglo XX, pero recién alrededor de 1987 se habría ‘escapado’ y naturalizado en las proximidades de la urbanización, cubriendo unas 41 hectáreas. Sin embargo, esta especie aumentó 40 veces su extensión en tan solo 15 años; fenómeno que continúa avanzando (Gavier & Bucher, 2004). En la actualidad, los bosques dominados por siempre verde están presentes incluso en las zonas más altas de las Sierras Chicas (por encima de los 1100 m sobre el nivel del mar) y tienen la capacidad de seguir avanzando hacia altitudes mayores.

Para disponer de un listado de los árboles y arbustos invasores de Córdoba se puede consultar el trabajo de Giorgis y Tecco (2014). Para un listado completo de todas las plantas nativas y exóticas del Bosque Serrano de Córdoba se sugiere la publicación de Giorgis et al. (2011).

2. ¿Por qué las especies invasoras le ganan a las nativas?

No todas las especies exóticas que crecen bajo el cuidado del hombre logran naturalizarse y, de aquellas que sí lo logran, no todas se vuelven invasoras. Un eje central de investigación en la ecología de invasiones es determinar si existe un conjunto de características compartidas por las especies exóticas que les permita volverse invasoras en un nuevo sistema y si estas características son diferentes en las especies nativas.

En las últimas décadas se han realizado numerosas comparaciones entre las características de las especies exóticas y nativas en diferentes floras (ej. selvas, bosques templados, bosques secos, praderas, desiertos) y bajo distintos tipos de uso (ej., campos abandonados, bosques selectivamente talados, reservas naturales). Sin embargo, no se ha logrado definir un *síndrome invasor* o conjunto de características que abarque la gran variedad de plantas exóticas que invaden la amplia diversidad de ambientes terrestres. No obstante, hay tres aspectos que se relacionan en forma recurrente con el éxito de una planta invasora:

- 1) La producción de un alto número de propágulos (frutos, semillas, bulbos, etc.),
- 2) la compatibilidad con el nuevo hábitat; es decir, que el clima de su lugar de origen sea parecido al clima de la región invadida, y

3) tener antecedentes de invasión (es decir, que la planta ya sea invasora en otros lugares del mundo).

Al producir un gran número de propágulos una especie aumenta las probabilidades de generar descendencia, así son mayores las oportunidades de llegar a un sitio adecuado para establecerse y crecer. Esta alta presión de propágulos que subyace al éxito de la mayoría de las invasoras es, en general, el resultado de crecer rápidamente, reproducirse a edad muy temprana y tener una amplia capacidad de dispersión (ej., dispersión asistida por animales o viento). En las Sierras de Córdoba, las principales leñosas invasoras (árboles y arbustos) poseen una gran cantidad de frutos. Muchos de ellos son vistosos y muy apetecidos por las aves, roedores y zorros, que al consumirlos se encargan de dispersar sus semillas, facilitando su expansión. Tal es el caso de *Rubus ulmifolius* (zarzamora), quien no solo tiene una profusa producción de frutos carnosos sino que también se reproduce exitosamente a través de sus tallos y raíces.

Otra característica común a muchas plantas invasoras es tener atributos o estrategias ventajosas pobremente representadas en las especies nativas. Una particularidad de algunas invasoras leñosas de Córdoba es que fructifican en otoño y poseen frutos todo el invierno (*Pyracantha* spp., *Cotoneaster* spp., *Ligustrum lucidum*, entre otras). Eso les resulta muy ventajoso porque la dispersión por aves en temporada invernal es una estrategia pobremente representada en las especies nativas. Por ejemplo, la mayoría de nuestras leñosas con frutos carnosos (*Celtis ehrenbergiana* “tala”, *Lithraea molleoides* “molle”, *Condalia* spp. “piquillín”, *Schinus* spp. “moradillo”) producen sus frutos en primavera y verano. Es decir, varias de estas invasoras tienen una dispersión garantizada; las aves que en otras épocas se pasaban el invierno comiendo insectos y alguna que otra semilla remanente ahora tienen un menú exótico que facilita la expansión de las especies invasoras. Otra característica más difícil de percibir a simple vista es que muchas especies invasoras tienen una mayor velocidad de crecimiento. Por ejemplo, *Morus alba* (mora), *Melia azederach* (paraíso) o *Gleditsia triacanthos* (acacia negra) poseen características en las hojas y su leño (ej. hojas blandas, delgadas, con mayor capacidad de hacer fotosíntesis, leño blando y liviano) que están asociadas a una mayor velocidad de obtención de recursos como la luz, el agua y los nutrientes del suelo. Esto les

confiere superioridad competitiva con respecto a las nativas. Es decir, les permite no solo establecerse y expandirse en el paisaje, sino también responder con mayor velocidad y recolonizar sitios degradados antes que las nativas. En algunos casos, estos atributos les permiten volverse dominantes, excluir a las especies nativas y modificar el funcionamiento de los ecosistemas que invaden.

Es importante tener en cuenta que la importancia de las características de las especies invasoras depende en gran parte de las condiciones climáticas de la región en que se instalan. Por ejemplo, hay especies con características que les permiten resistir la sequía y acceder con más eficacia al agua, lo que les posibilita invadir ecosistemas áridos, tal es el caso de varias especies del género *Tamarix* (tamariscos) (Natale, Gaskin, Zalba, Ceballos & Reinoso, 2008). Finalmente, también algunas investigaciones sugieren que una de las ventajas de las exóticas en el nuevo ambiente es que sus principales parásitos y predadores no ‘viajaron’ con ellas. Esta ausencia de sus enemigos las pondría en una situación de ventaja frente a las nativas. En resumen, hay características compartidas por muchas invasoras pero también existen numerosas excepciones a estas generalidades. Esto se debe en parte a que la ventaja que puede conferir una determinada característica depende también del ambiente en el cual ha sido introducida. Así, la dispersión por viento puede resultar muy ventajosa para expandirse en ambientes abiertos (pastizales, desiertos, áreas labradas, costados de camino, etc.) pero menos efectiva en ambientes cerrados como los bosques maduros. Las particularidades que tiene cada proceso de invasión dificulta la posibilidad de detectar las posibles especies invasoras antes de que se expandan y se vuelvan un problema, lo que refuerza la importancia de prevenir la introducción de cualquier exótica.

3. Impacto: ¿Qué problemas pueden ocasionar las plantas invasoras?

Las invasiones biológicas producen diversas alteraciones o impactos sobre todos los niveles de complejidad ecológica, desde el genético hasta el paisajístico. Las especies invasoras pueden alterar la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (Figura 2). Pueden, por ejem-

plo, disminuir la abundancia y supervivencia de especies nativas, modificar la fertilidad de los suelos, la intensidad de erosión, la disponibilidad de agua, la frecuencia e intensidad de incendios, alterar las redes de interacción de la comunidad e incluso facilitar el establecimiento de otras exóticas. Todas estas modificaciones no solo afectan la biota local (plantas, animales, hongos, musgos, etc.), sino que en general, tienen también consecuencias económicas y sociales, ya que al modificar la estructura y funcionamiento del ecosistema nativo se ven afectados los bienes y servicios que dicho ambiente nos brinda (ej. recreación, provisión de agua potable, turismo).

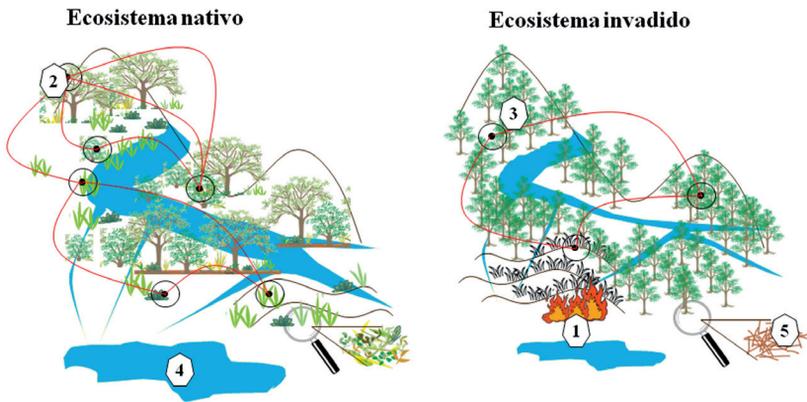


Figura 2. Impactos de las plantas invasoras. Esquema comparativo de las potenciales diferencias en bienes y servicios ecosistémicos brindados por un ecosistema nativo y uno dominado por especies exóticas. 1. Mayor frecuencia de incendios, 2. Mayor biodiversidad y mayor número de interacciones, 3. Menor complejidad estructural 4. Retención y acumulación de agua (ciclo hidrológico). 5. Distinta acumulación y descomposición de material vegetal en el suelo (fertilidad/ciclado de nutrientes).

Ligustrum lucidum (siempre verde) es un árbol que llega a formar densos bosques en los cuales la presencia de otras especies se reduce drásticamente (de un promedio de 57 especies en un típico bosque serrano maduro a menos de 20 especies en siempre verdes). Esta reducción en la *riqueza y abundancia de otras especies* conlleva una *simplificación estructural*, donde se pierden los principales estratos de vegetación característicos del bosque nativo (estrato herbáceo, arbustos

y árboles bajos, árboles altos). Evidentemente, este bosque de siempre verde ofrece menos refugios y recursos alimenticios a la fauna que habitaba el bosque nativo. Además, modifica significativamente la cantidad y calidad de materia vegetal que cae al mismo en forma de broza (hojas y ramas secas), lo cual retarda su descomposición y modifica su *fertilidad*. Estudios realizados en las Sierras Chicas de Córdoba han observado que estos patrones descriptos para los siempre verdes también ocurren en pinares y en parches de bosque dominados por acacia negra. En los tres casos la dominancia de las invasoras conlleva cambios en la riqueza y composición de la vegetación (es decir, tanto la cantidad de especies, como la identidad de las mismas), en la humedad y disponibilidad de luz que llega al suelo, y en la calidad y velocidad de descomposición de la broza que producen (ciclado de nutrientes; ver citas en Giorgis & Tecco, 2014). Estas tres especies leñosas estarían retrasando los procesos de descomposición, disminuyendo así la disponibilidad de nutrientes en el ecosistema.

Por otro lado, las distintas especies de *Tamarix* spp (tamariscos), presentes en numerosos sectores de Córdoba (Natale et al., 2008), son un ejemplo clásico en la bibliografía de invasoras con impacto en los *ciclos hidrológicos*. De acuerdo a los antecedentes en otras partes áridas del mundo como el suroeste de Estados Unidos, la invasión por los tamariscos podría estar aumentando la sedimentación y salinidad del suelo, disminuyendo el caudal de los ríos y, en consecuencia, la disponibilidad de agua en las represas. La invasión por *Pinus* spp (pinos) también se ha observado que reduce la retención y calidad de agua en las áreas de almacenamiento (cuencas hidrológicas) y aumenta la frecuencia de fuego. En las Sierras Grandes de Córdoba, los pinos se encuentran en una fase de expansión desde las plantaciones hacia los extremos de mayor altitud. Es decir, se han naturalizado y están colonizando por sus propios medios los pastizales de mayor altitud (Figura 1). Esto supone un problema en puerta, ya que las Sierras Grandes de Córdoba constituyen nuestra principal cabecera de cuenca, abasteciendo de agua a gran parte de la provincia. Se han realizado diversas mediciones vinculadas al consumo de agua y los cambios en el caudal de los cursos de agua en las Sierras Grandes y se observó que los pinares reducen a la mitad el caudal base de agua que se descarga mensualmente hacia los valles en comparación con los pastizales nativos adyacentes (Jobbágy,

Acosta & Noretto, 2013). De acuerdo a esta información, y teniendo en cuenta los problemas de escasez de agua, sería una medida de prevención recomendable evitar la expansión de los pinos en nuestras sierras.

Además del impacto en la dinámica hidrológica o regímenes de fuego, las leñosas invasoras también pueden modificar los patrones de reclutamiento de especies nativas y exóticas y/o *facilitar el establecimiento de otras especies exóticas*. Por ejemplo, se ha observado que debajo de los espinosos arbustos de *Pyracantha angustifolia* (grateus) crecen otras especies nativas y exóticas protegidas del ganado. Sin embargo, el siempre verde es significativamente más favorecido que las especies nativas (ver citas en Giorgis & Tecco, 2014). Esto no solo se debería a la protección contra el ganado sino también al ambiente más fresco en verano y más húmedo en invierno, y a la gran lluvia de semillas provista por las aves que comen frutos de ambas invasoras. Las semillas llegan, los renovales se establecen, pueden crecer superando en altura al arbusto facilitador y desde allí ofrecer sus frutos a las aves que continúan la historia. Actualmente se está investigando en Córdoba cómo influye esta gran disponibilidad de frutos exóticos en las interacciones con las comunidades de aves. ¿Hay aves que son más beneficiadas que otras? ¿Hay plantas nativas menos visitadas por las aves dispersoras porque prefieren las exóticas? ¿Qué pasa con las flores y los polinizadores? ¿Hay plantas nativas perjudicadas por tener que compartir los polinizadores con las exóticas? Existen numerosos ejemplos en la bibliografía del efecto en cascada que puede tener una planta invasora en las redes de interacciones de la comunidad invadida (cadenas tróficas, polinización, etc.).

4. Manejo de las invasiones: ¿Qué podemos hacer para enfrentar el problema de las especies invasoras?

Si bien hay un número cada vez más creciente de información sobre las invasiones biológicas, la conciencia de esta problemática es muy reciente en Sudamérica. Al igual que en otros países con historia colonial (Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos), la introducción de especies ha sido muy intensa en Sudamérica. Sin embargo, la cantidad de investigaciones en los países sudamericanos es significativamente

menor, lo cual se refleja en el desconocimiento general de la población y la ausencia de políticas integradas de prevención y control (Speziale, Lambertucci, Carrete & Tella, 2012). Argentina, y Córdoba en particular, no son ajenas a este diagnóstico, con una población mayoritariamente descendiente de inmigrantes, que promueve el uso de especies exóticas y valora la recreación de paisajes europeos en sus comunidades vegetales. En algunos lugares puntuales de Argentina se han desarrollado grandes esfuerzos para prevenir y mitigar los problemas ocasionados por las especies invasoras (ej. varios Parques Nacionales, Sierra de la Ventana). Pero, en general, son medidas aisladas. Es necesario abordar el problema desde una perspectiva integrada (educación, investigación interdisciplinaria, legislación) que permita avanzar hacia la elaboración e implementación de un plan integrado de prevención y manejo de invasiones biológicas a escala regional y nacional. Al ser una problemática con un fuerte componente socio-cultural, la educación y difusión en los medios es indispensable para poder enfrentar el problema de las invasiones biológicas en nuestros ecosistemas.

Las estrategias de manejo de especies exóticas varían según la etapa del proceso de invasión en la que se encuentra una especie (Figura 3). Cuanto más tiempo haya pasado desde su introducción, la capacidad de manejar el problema disminuye exponencialmente. Los costos económicos de los programas de manejo también crecen junto con la expansión de las especies invasoras en el paisaje (Simberloff et al., 2013). En otras palabras, erradicar una especie exótica de un ecosistema es más fácil, barato y seguro al momento de su introducción y hasta que comienza a naturalizarse. Cuando ya se propagó y volvió muy abundante en el paisaje resulta imposible erradicarla y sólo resta controlarla o mitigar el problema en algunas áreas.

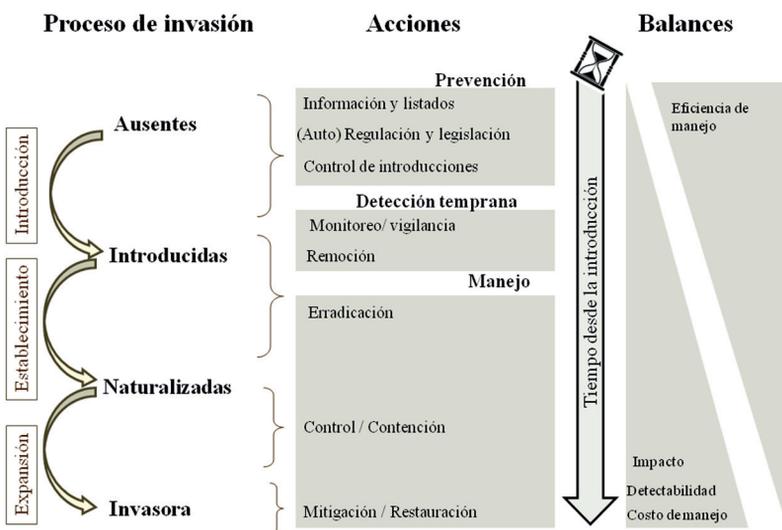


Figura 3. Estrategias de manejo de especies exóticas a lo largo del proceso de invasión. La estrategia óptima de acción cambia de acuerdo a la etapa del proceso de invasión en que se encuentre la especie exótica, relacionándose directamente al tiempo transcurrido desde la introducción. El balance entre la eficiencia de estas acciones con respecto al impacto de las invasoras y los costos de su manejo evoluciona inversamente. Hay un progresivo aumento de los costos y decrecimiento en la eficiencia del manejo en etapas avanzadas del proceso de invasión. Adaptado de Hulme (2006) y Simberloff et al. (2013).

La *prevención* es la primera medida de manejo, y busca evitar que potenciales invasoras entren a un ecosistema. Hay protocolos de bioseguridad ejemplares en países como Nueva Zelanda y Australia. Sus medidas incluyen gran inversión en tecnología y personal de control en fronteras, puertos y aeropuertos para evitar nuevas introducciones, prohibición de venta en viveros de especies potencialmente invasoras, entre otras. Como ciudadanos podemos realizar prevención desde nuestras casas no plantando especies exóticas (aunque las vendan en un vivero), evitando traer de recuerdo plantas o semillas de otros lugares y comenzando a valorar la belleza y las ventajas de las especies nativas. Una vez que la especie se encuentra introducida pero aún no se ha naturalizado es posible realizar medidas para *erradicarla* del sistema. Esto

es, eliminar todos los individuos que se encuentren. Cuando la especie exótica ya se encuentra naturalizada la especie se puede *controlar*. Esto implica mantener una cobertura reducida y un número bajo y estable de individuos. De este modo se reducen las posibilidades de que se vuelva invasora y llegue a otros lugares. Finalmente cuando la especie ya se transforma en invasora, cubriendo grandes superficies del paisaje, sólo se la puede controlar en lugares puntuales (ej. un área protegida) y se recurre a medidas de *mitigación*. La mitigación consiste en reducir el impacto que la invasora produce sobre el ambiente, disminuyendo su cobertura y favoreciendo la restauración de comunidades con especies nativas (ej. plantando especies que la invasora excluye). Cuando una especie no puede erradicarse por completo de un sistema, las medidas de control y mitigación deben realizarse regularmente. Si los programas no son a largo plazo las especies se recuperan y vuelven a expandirse.

Existen distintos métodos para erradicar, controlar y mitigar el impacto de las plantas invasoras. Se clasifican en tres grandes grupos: *métodos mecánicos*, como el corte, la extracción, o la quema; *métodos químicos*, como la aplicación de herbicidas y *métodos biológicos*, como el uso de insectos que afectan el desarrollo de la especie invasora. No existe un acuerdo acerca de cuál es el método más efectivo, ya que depende de las características de la especie invasora, del ecosistema invadido, y de las acciones del hombre sobre el ambiente.

Algunos aspectos fundamentales a la hora de planificar el manejo de un área invadida son:

- 1) El *contexto* del área a manejar; no es lo mismo tener alrededor vegetación dominada por especies nativas que un área cultivada, una urbanización u otro bosque de especies exóticas. En el primer caso, al controlar a las invasoras, las nativas irán recuperando su presencia y abundancia. En los demás casos, el control posiblemente deberá complementarse con la introducción activa de especies nativas, de lo contrario volverá a ser colonizado por nuevas invasoras.

- 2) Dado el avance continuo de las especies invasoras, las medidas de prevención y manejo deben ser políticas permanentes y a *largo plazo*. Para esto es esencial desarrollar *un plan de manejo adaptativo* que se ajuste a las situaciones actuales, desarrollando objetivos claros, plazos,

indicadores de éxito, evaluación y monitoreo del progreso de las medidas, replanteamiento de los objetivos.

3) Finalmente, las posibilidades de garantizar un adecuado manejo de las especies invasoras requieren necesariamente la *aceptación y el compromiso de la población*. No hay manejo posible si la población no conoce la problemática de las invasiones, ni valora los bienes, servicios y el valor intrínseco de la vegetación nativa.

En resumen, el manejo de las invasiones debe ser planificado a largo plazo, incorporando métodos adecuados según la etapa de invasión. Su éxito no depende solo de las técnicas utilizadas sino que requiere del respaldo de la sociedad (educación y difusión), un marco legal que prevenga la introducción de nuevas especies invasoras y la restauración de los ambientes nativos. En consecuencia, es de vital importancia que cada ciudadano adopte una postura activa, evitando plantar exóticas, pero, sobre todo, conociendo y promoviendo el cuidado y uso de plantas nativas.

5. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema?

1) ¿Qué valoramos y qué conocemos?

Trabajo de recopilación e investigación. Se propone hacer un listado de especies arbóreas y arbustivas que tiene mi colegio, mi casa, mi plaza, ¿Qué especies valoran y conocen mis vecinos? ¿Hay especies que están permitidas y prohibidas en la municipalidad de mi ciudad?

2) Comparación de un ecosistema nativo con uno invadido

Actividad de campo con registro de datos y posterior interpretación en el aula. Aproximación al impacto de una invasora. Para escuelas de Córdoba (Capital) se sugiere el Dique La Quebrada (Río Ceballos) donde se pueden encontrar parches de bosque serrano y parches densamente invadidos por *Ligustrum lucidum* (siempre verde). En cada tipo de bosque los alumnos delimitarán al menos 5 parcelas de 2 x 2 m en las cuales determinarán el número de especies de plantas presentes (número total de plantas distintas) y número de plantas diferentes dentro de cada forma de vida: árboles, arbustos y hierbas. Con estos datos podrán

luego analizar (en el aula) el impacto del siempre verde en la diversidad de plantas. Además (o alternativamente) podrán comparar el impacto de la invasión en la fauna granívora del sistema. Para ello pondrán en cada parcela bandejas plásticas con 50 a 100 semillas de girasol o mijo las cuales serán recolectadas una semana más tarde por el docente y llevadas al aula. Los alumnos contarán el número de semillas que no fueron consumidas y podrán comparar las diferencias en la actividad de los granívoros en un bosque nativo y uno invadido.

3) *¿Qué podemos hacer para promover la conservación de las especies nativas?*

Mini proyectos por colegio. Promover que el jardín de mi casa, mi colegio y la plaza sean reservorios de especies nativas, teniendo un vivero de especies nativas y/o desarrollando folletos para que se conozca la problemática y se promueva el uso de especies nativas.

Referencias bibliográficas

- Castro-Díez, P., Valladares, F. & Alonso, A. (2004). La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Ecosistemas*, 13(3), 61-68. Extraído el 20 Diciembre, 2014, de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp>
- Gavie, G. I. & Bucher, E. H. (2004). Deforestación de las Sierras Chicas de Córdoba (Argentina) en el período 1970–1997. *Miscelánea Academia Nacional de Ciencias*, 101, 1-28.
- Giorgis, M. A., Cingolani, A. M., Chiarini, F., Chiapella, J., Barboza, G., Ariza Espinar, L., ... & Cabido, M. (2011). Composición florística del Bosque Chaqueño serrano de la provincia de Córdoba, Argentina. *Kurtziana*, 36(1), 9-43.
- Giorgis, M. A. & Tecco, P. A. (2014). Árboles y arbustos invasores de la provincia de Córdoba (Argentina): una contribución a la sistematización de bases de datos globales. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 49(4), 581-603.

- Hulme, P. E. (2006). Beyond control: wider implications for the management of biological invasions. *Journal of Applied Ecology*, 43(5), 835–847
- Jobbágy, E. G., Acosta, A. & Nosoetto, M. D. (2013). Rendimiento hídrico en cuencas primarias bajo pastizales y plantaciones de pino de las sierras de Córdoba (Argentina). *Ecología Austral*, 23(2), 87–96.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, M. W., Evans, H., Clout, M. & Bazzaz, F. (2000). Invasiones biológicas: causas, epidemiología, consecuencias globales y control. *Tópicos en Ecología*, 5, 1-19.
- Natale, E. S., Gaskin, J., Zalba, S. M., Ceballos, M. & Reinoso, H. E. (2008). Especies del género *Tamarix* (Tamaricaceae) invadiendo ambientes naturales y seminaturales en Argentina. *Boletín Sociedad Argentina de Botánica*, 43(1-2), 137-145.
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D. & West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6(2), 93-107.
- Simberloff, D., Martin, J. L., Genovesi, P., Maris, V., Wardle, D. A., Aronson, J., ... & Vila, M. (2013). Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(1), 58-66.
- Speziale, K. L., Lambertucci, S. A., Carrete, M. & Tella, J. L. (2012). Dealing with non-native species: what makes the difference in South America? *Biological Invasions*, 14(8), 1609-1621.

Lecturas recomendadas

Las siguientes lecturas complementan en gran medida este capítulo: (1) profundizando en la problemática de las invasiones biológicas en general (Castro-Díez et al., 2004; Mack et al., 2000; Vilches et al., 2010), (2) listando y describiendo las principales leñosas invasoras de la provincia de Córdoba (Giorgis & Tecco, 2014) y (3) listando y describiendo la vegetación nativa del Centro de Argentina (Demaio et al., 2000; Giorgis et al., 2011; Sérsic & Cocucci, 2006). A continuación se describen los que no se encuentran citados en bibliografía:

1) Demaio, P., Karlin, U. O. & Medina, M. (2002). *Árboles Nativos del Centro de Argentina*. Buenos Aires: Lola.

Libro que presenta una descripción detalla de las características, distribución y usos de todos los árboles nativos del Centro de Argentina.

2) Sérsic, A. N. & Cocucci, A. A. (2006). *Flores del Centro de Argentina: una guía ilustrada para conocer 141 especies típicas*. Córdoba, Argentina: Ed. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.

Libro que presenta y describe algunas especies nativas y características del Centro de Argentina.

3) Vilches, A., Arcaria, N. & Darrigran, G. (2010). Introducción a las invasiones biológicas. *Boletín Biológica*, 17(julio-septiembre), 14-19.

Artículo que realiza un análisis de las bioinvasiones como componente importante de la problemática ambiental actual, producto de las actividades humanas en un mundo globalizado.

Sitios web recomendados

Las siguientes páginas, notas periodísticas y videos complementan los contenidos desarrollados y pueden ser de utilidad en el trabajo áulico.

1) Catálogo de las Plantas Vasculares del Conosur. (www.darwin.edu.ar).

Es un listado de especies nativas y exóticas del Conosur (incluye los siguientes países: Brasil, Paraguay, Chile y Argentina).

2) Base de Datos sobre Especies Invasoras. I3N-Argentina Universidad Nacional del Sur. (www.inbiar.org.ar).

Es un listado con imágenes e información de referencia de las especies invasoras de Argentina.

3) Reforestar sí, pero no de cualquier manera. (<http://www.lavoz.com.ar/opinion/forestar-si-pero-no-cualquier-manera>).

Es una nota periodística que aborda la problemática de las invasiones biológicas en Córdoba y las ventajas que brinda plantar árboles nativos, en vez de exóticos.

4) Reforestando Identidad. (<https://www.youtube.com/watch?v=Hrr11Wj5Etc>).

Es un cortometraje documental sobre las experiencias de reforestación del bosque nativo en Córdoba y su estrecha relación con la conservación del agua. El relato busca transmitir, a través de un viaje que realiza un fotógrafo y periodista, la idea de que la reforestación con especies nativas aporta al equilibrio ambiental, la conservación del agua y a la identidad, entre otros factores.

5) Cultura del Agua. (<http://vimeo.com/32510447>).

Es un documental educativo realizado en las sierras de Córdoba, Argentina, sobre la incipiente crisis hídrica y ambiental de esta región, producto de la intervención desregulada del hombre en los ambientes naturales.

Autoevaluación

- 1) ¿Cuál es la diferencia entre una especie exótica introducida, una naturalizada y una invasora?
- 2) ¿Qué es la fase de latencia o retardo temporal?
- 3) ¿Cuáles son las características que pueden favorecer o aumentar la capacidad de invasión de una planta exótica?
- 4) ¿Qué impactos puede tener una especie invasora?
- 5) ¿Cómo se relacionan las etapas de un proceso de invasión con la eficiencia y los costos de su manejo?
- 6) ¿Por qué es importante desarrollar medidas de prevención que eviten la introducción de nuevas especies?

Sobre las autoras



Paula A. Tecco (izquierda) y Melisa A. Giorgis (derecha) son Doctoras en Ciencias Biológicas, trabajan como docentes en la carrera de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Córdoba y como Investigadoras de CONICET en el Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (CONICET-UNC). Sus investigaciones buscan comprender los patrones de distribución y avance de las especies invasoras en la provincia de Córdoba, con especial énfasis en los ecosistemas serranos. En este sentido, y en conjunto con otros colegas del grupo de trabajo, realizan distintos estudios en los cuales procuran dilucidar algunos de los mecanismos que subyacen el éxito de las especies invasoras (ej. estrategias funcionales de las distintas especies tanto nativas como exóticas) como así también su impacto en las características y el funcionamiento de los ecosistemas invadidos (ej. biodiversidad, banco de semillas, ciclado de nutrientes y agua).

Capítulo 6. Diversidad de vertebrados de la provincia de Córdoba. Aportes para su conocimiento y conservación.

*María de los Ángeles Bistoni, Andrea Hued,
Mariano Sironi y Ricardo Torres*
Universidad Nacional de Córdoba

Resumen

El propósito de este capítulo es el de actualizar los conocimientos sobre las especies de vertebrados de Córdoba considerando aspectos relacionados a las actividades humanas y su impacto. Se citan para la provincia 637 especies de vertebrados nativos, siendo las aves el grupo más numeroso. Además, 16 especies fueron introducidas. La ecorregión Chaqueña es la más rica en especies debido a que la complejidad de sus ambientes boscosos ofrece una mayor cantidad de hábitats. Los vertebrados presentan una gran diversidad de adaptaciones que les permiten vivir en los más variados ambientes, tener diferentes hábitos de vida y cumplir un rol determinado en las redes tróficas. Las actividades humanas afectan la riqueza y abundancia de este grupo. Varias especies viven en las ciudades, pero la diversidad se incrementa gradualmente con la distancia a los centros urbanos. Ciertas especies (como ratas, sapos y serpientes) causan aprensión, temor o supersticiones que pueden desmitificarse si entendemos su morfología y comportamiento.

Conceptos clave: vertebrados, riqueza, abundancia, diversidad, distribución, ecorregiones, adaptaciones.

Introducción

El contenido de este capítulo nos acerca al conocimiento de los vertebrados que habitan en la provincia de Córdoba. Se mencionan las principales especies autóctonas e introducidas por ecorregiones, su abundancia y los métodos de estudio más utilizados según los grupos. Se destacan las adaptaciones de las especies cordobesas en respuesta a los diferentes ambientes, su dieta, horas de actividad y los niveles tróficos a los que pertenecen. Luego se desmitifican algunas creencias sobre

determinados grupos de animales y se aborda la influencia que las actividades humanas producen sobre la fauna, de manera de concientizar sobre el cuidado del ambiente.

1. ¿Cuántas especies de vertebrados se han registrado hasta el momento en la provincia de Córdoba? ¿Cómo se distribuyen a lo largo del territorio provincial?

Si hacemos un recuento del número de especies que habitan en la provincia de Córdoba, encontramos registros de 51 especies de peces, 34 de anfibios, 71 de reptiles no avianos (3 tortugas, 29 lagartos, 4 anfisbenios y 35 ofidios), 412 especies de aves y 69 de mamíferos, totalizando 637 especies de vertebrados. Aunque varias especies son frecuentes de observar en todo el territorio provincial, muchas otras son exclusivas o más comunes en alguna ecorregión en particular. En este sentido, es importante reconocer que las ecorregiones son territorios con características biofísicas propias. En la provincia de Córdoba se encuentran las siguientes ecorregiones (Burkart, Bárbaro, Sánchez & Gómez, 1999): *Chaqueña*, *Pampeana* y del *Espinal*. A continuación describiremos cada una de ellas teniendo en cuenta la fauna de vertebrados más sobresaliente en relación a los hábitats que utilizan. Además de las ecorregiones consideradas por Burkart et al., diferenciaremos la fauna que habita la región serrana y la de ambientes acuáticos.

♦ La región de la llanura *Chaqueña*, que abarca el norte y oeste provincial, es la más rica en especies debido a que la vegetación predominante es un bosque con una estructura tridimensional muy compleja, que ofrece una gran cantidad de hábitats distintos y posibilita la coexistencia de un gran número de vertebrados. En esta región encontraremos muchas especies arborícolas que son menos frecuentes o faltan en zonas con escasa arboleda. Por ejemplo, mamíferos como el “oso melero” (*Tamandua tetradactyla*) y las “comadreja enanas” (*Thylamys spp.*), reptiles como la “culebra verde” (*Philodryas baroni*) y algunos lagartos, e incluso un anfibio, la “rana mono” (*Phyllomedusa sauvagii*) son prácticamente imposibles de observar fuera de esta región. Muchos vertebrados se ven favorecidos por la gran oferta de alimentos (frutos, semillas, insectos y otros vertebrados) que provee dicho bosque. De este

modo, también especies no arborícolas como el “escuerzo” (*Ceratophrys cranwelli*), el “sapo buey” (*Rhinella schneideri*) y la “rana chaqueña” (*Leptodactylus chaqueensis*) entre los anfibios; la “tortuga de Tierra” (*Chelonoidis chilensis*), el “lagarto azul” (*Teiús teyú*), el “colorado” (*Tupinambis rufescens*), la “lampalagua” (*Boa constrictor occidentalis*) y la “serpiente de cascabel” (*Crotalus durissus*) entre los reptiles no avianos; el “águila coronada” (*Buteogallus coronatus*, en peligro de extinción), el “loro hablador” (*Amazona aestiva*), el “crespín” (*Tapera naevia*), la “lechuza bataraz” (*Strix chacoensis*), el “carpintero lomo blanco” (*Campephilus leucopogon*), la “viudita chaqueña” (*Knipolegus striaticeps*) y el “cardenal común” (*Paroaria coronata*) entre las aves, y el “mataco bola” (*Tolypeutes matacus*), el “conejo de los palos” (*Pediolagus salinicola*) y el “pecarí de collar” (*Pecari tajacu*) entre los mamíferos, son casi exclusivas de estos bosques. Incluso mamíferos que se alimentan en claros, tales como la “corzuela parda” (*Mazama gouazoubira*), buscan refugio en el bosque. También aves que comen en el suelo como la “charata” (*Ortalis canicollis*) y la “chuña patas negras” (*Chunga burmeisteri*) necesitan de los árboles del bosque para dormir y nidificar. Dentro de la región Chaqueña también se incluyen las zonas de salinas del noroeste cordobés y de la cuenca de la Laguna Mar Chiquita (Mar de Ansenúza), con especies adaptadas a la rigurosidad del ambiente salino tales como los “escuerzos de las salinas” (*Lepidobatrachus spp.*), el “chelco de las salinas” (*Liolaemus ditadai*) y la “monjita salinera” (*Xolmis salinarum*).

♦ La zona *Serrana* es otra de las regiones que presenta una gran cantidad de especies. Debido a diferentes condiciones de temperatura, insolación y precipitaciones, al ascender por las sierras es posible encontrar varias formaciones vegetales distintas, ofreciendo una gran variedad de hábitats para la fauna. El bosque de la llanura sube por las laderas de las sierras. A medida que aumenta la altitud se produce un cambio progresivo en las especies vegetales que componen dicho bosque. Sin embargo, la fauna de vertebrados de esta zona es semejante a la observable en la llanura boscosa, aunque con menos especies. Alrededor de los 1500 msnm el bosque da paso a la vegetación arbustiva, la cual es acompañada por un empobrecimiento en el número de especies de vertebrados. Finalmente, la zona más alta de las Sierras de Córdoba, por encima de los 1700 msnm (principalmente en el Macizo de las Sierras

Grandes), está cubierta por pastizales húmedos conformando un ecosistema muy diferente a los de la llanura y las laderas. Estos ambientes constituyen verdaderas “islas ecológicas”, albergando una fauna muy particular, con una gran cantidad de endemismos (es decir, especies y/o poblaciones que solo habitan dichos lugares). Estas especies, al tener un área de distribución muy reducida, son muy sensibles a los efectos de actividades humanas que comprometen su situación de conservación. Por ejemplo, el “sapo de achala” (*Rhinella achalensis*), la “ranita de cuatro ojos” (*Pleurodema kriegi*), el “lagarto de Cobre” (*Pristidactylus achalensis*), la “remolinera chocolate” (*Cinclodes olrogi*) y el “tuco-tuco serrano” (*Ctenomys osvaldoreigi*), son especies exclusivas de este ambiente.

♦ Hacia el este y sur provincial se encuentra la región *Pampeana*. Esta región sufrió la mayor transformación debido a que sus pastizales fueron convertidos en tierras dedicadas a la agricultura. Los cultivos no ofrecen la misma diversidad de especies vegetales que los pastizales naturales y la tendencia actual a realizar monocultivos provoca un empobrecimiento de la fauna, que originalmente estaba constituida por especies adaptadas a pastizales naturales. Ejemplos característicos de los relictos de pastizales naturales son el “inambú ala colorada” (*Rhynchotus rufescens*) entre las aves, y mamíferos tales como la “comadreja colorada” (*Lutreolina crassicaudata*). Estos mismos pastizales son el sitio de parada o destino final de muchas aves migratorias.

♦ En la zona central de la provincia, y hacia el suroeste, originalmente se encontraba la región del *Espinal*, cubierta por bosques de composición afín a los bosques chaqueños pero con menos especies vegetales. Estos bosques han sido casi completamente eliminados y la región ha sido transformada por los cultivos. Los escasos remanentes de espinal indican una fauna similar a la chaqueña, pero empobrecida en especies.

♦ Por otro lado, los *humedales* de Córdoba (ambientes acuáticos tales como lagunas, bañados y ríos) presentan una fauna característica y rica en especies. En los humedales compuestos por la Laguna Mar Chiquita y los Bañados del río Dulce habita una enorme cantidad de especies de ambientes acuáticos, particularmente aves, de las cuales la más característica es el “flamenco austral” (*Phoenicopterus chilensis*), siendo el sitio más importante de alimentación y nidificación. En los Bañados del río Dulce también pueden observarse mamíferos típicos

de ambientes acuáticos tales como el “coipo” (*Myocastor coypus*), el “carpincho” (*Hydrochoerus hydrochaeris*) y el “aguará-guazú” (*Chrysocyon brachyurus*), éste último en peligro de extinción. La Laguna Mar Chiquita, por su salinidad, constituye una barrera química para los peces de agua dulce que habitan en las cuencas de los ríos Suquia y Xanaes, que por estar aisladas de esta forma de cualquier otra cuenca, han desarrollado endemismos (tres especies), de los cuales la más conocida es el “mojarrón” (*Astyanax cordovae*). También el este y sur provincial están cubiertos por un denso sistema de lagunas, en donde es posible encontrar algunos anfibios característicos como el “escuerzo pampeano” (*Ceratophrys ornata*) y la “rana de zarzal pampeana” (*Hypsiboas pulchellus*). Entre las aves, al igual que en Mar Chiquita y Bañados del río Dulce, encontramos una multitud de especies de macás, patos, cisnes, cigüeñas, garzas, bandurrias, gallaretas, etc., además de una gran cantidad de chorlos migratorios procedentes en su mayoría del Hemisferio Norte. Entre los mamíferos el “coipo” es el más común de observar. Los ríos y arroyos están concentrados mayormente en la zona serrana, con especies características tales como los “sapitos de colores” (*Melanophryniscus spp.*) y la “rana de zarzal” (*Hypsiboas cordobae*) entre los anfibios, y los “bagrecitos de los torrentes” (*Trychomycterus spp.*) entre los peces, aunque la mayor riqueza de peces se encuentra en los ríos de llanura, más lentos y por lo general de mayor caudal. Allí, las especies más comunes son el “moncholo” (*Pimelodus albicans*), varias “mojarras” (*Astyanax spp.*), los “orilleros” (*Jenynsia multidentata* y *Cnesterodon decemmaculatus*), la “palometa” (*Australoheros facetum*) y la “anguila criolla” (*Synbranchus marmoratus*).

Por último, muchas especies no manifiestan una predilección marcada en cuanto al hábitat que utilizan y, por lo tanto, es posible observarlas en varias regiones de la provincia. Se trata de especies “generalistas” que están ampliamente distribuidas y son comunes de observar. Ejemplos característicos son el “sapo común” (*Rhinella arenarum*) entre los anfibios; el “lagarto overo” (*Tupinambis merianae*) entre los reptiles no avianos; la “paloma torcaza” (*Zenaida auriculata*), el “tero” (*Vanelhus chilensis*), la “lechucita de las vizcacheras” (*Athene cunicularia*), la “cotorra” (*Myiopsitta monachus*), el “hornero” (*Furnarius rufus*), el “benteveo” (*Pitangus sulphuratus*), la “ratona” (*Troglodytes aedon*), el “chingolo” (*Zonotrichia capensis*) y el “tordo renegrado” (*Molothrus bonariensis*) entre las aves; y la “comadreja overa” (*Didelphis albi-*

ventris), el “murciélago cola de ratón” (*Tadarida brasiliensis*), el “cuis grande” (*Galea musteloides*), el “zorrino” (*Conepatus chinga*) y el “zorro gris” (*Lycalopex gymnocercus*), entre los mamíferos.

2. ¿Cuáles son las especies exóticas en la provincia y cuáles fueron las causas de su introducción?

Las especies que por diferentes razones o causas han sido introducidas a la provincia de Córdoba son dieciséis: 5 peces [la “carpa” (*Cyprinus carpio*), el “orillero” (*Gambusia affinis*), la trucha “arco iris” y la “trucha de arroyo” (*Oncorhynchus mykiss* y *Salvelinus fontinalis*, respectivamente) y el “pejerrey” (*Odontheistes bonariensis*)], 1 anfibio [la “rana toro” (*Lithobates catesbeianus*)], 3 aves [la “paloma doméstica” (*Columba livia*), el “gorrión europeo” (*Passer domesticus*) y el estornino pinto (*Sturnus vulgaris*)] y 7 mamíferos [la “liebre europea” (*Lepus capensis*), la “rata negra” y la “rata gris” (*Rattus rattus* y *R. norvegicus*, respectivamente), el “ratón doméstico” (*Mus musculus*), la “ardilla de vientre rojo” (*Callosciurus erythraeus*), el “jabalí” (*Sus scrofa*) y el “ciervo colorado” (*Cervus elaphus*)].

Estas especies han sido introducidas por el hombre, intencional o accidentalmente. Por ejemplo, entre los peces, la trucha arco iris, de Norteamérica, fue introducida intencionalmente por los amantes de la pesca, quienes no encontraban en Córdoba especies que ofrecieran la vitalidad y resistencia características de las truchas al ser capturadas. Otras especies como el jabalí y el ciervo colorado, originarios del Viejo Mundo, fueron ingresados a la provincia para formar parte de cotos de caza privados, aunque muchos individuos luego escaparon de dichos predios, constituyendo por lo tanto introducciones accidentales. También se considera accidental la introducción de la rana toro norteamericana, la cual fue traída a Córdoba con el fin de criarla y comercializar su carne. Posteriormente, al no prosperar los criaderos, los individuos fueron liberados al río. En el caso de las ratas negra y gris, las mismas llegaron a bordo de los barcos desde Europa. Por último, no está claro si la presencia de la paloma doméstica y el gorrión europeo, procedentes del Viejo Mundo, se debió a una introducción intencional o accidental.

3. ¿Por qué algunas especies provocan repulsión o temor en las personas? ¿Qué es lo que erróneamente se cree de ellas y cómo pueden desmitificarse esas creencias?

Por diversos motivos algunas especies de vertebrados (sapos, serpientes, lechuzas) causan aprensión a muchas personas. La tradición popular vincula a los sapos con seres diabólicos y maléficos, siempre presentes en las pócimas preparadas por las brujas. Su piel áspera y verrugosa hace de estos animales seres que para muchos resulten repugnantes. Sin embargo, esta piel gruesa con la capa superior queratinizada los protege contra la desecación y les permite alejarse del ambiente acuático. Existe la creencia popular de que *al mirar a un sapo éste disparará un chorro de veneno hacia los ojos*. La misma se fundamenta en que estos animales poseen glándulas de veneno reunidas en dos grandes macizos, ubicados a cada lado de la cabeza, que segregan un espeso líquido blanquecino. Sin embargo, el sistema venenoso del sapo es exclusivamente defensivo, destinado a sus depredadores y no a sus presas. Su expulsión no depende de una acción voluntaria, y no puede arrojarlo ni siquiera a corta distancia. El veneno sólo es secretado cuando se presionan las glándulas, como sucede cuando un depredador lo toma con su boca. A pesar de que su aspecto puede no ser agradable para muchas personas, los sapos y ranas desempeñan un papel fundamental en el control de las poblaciones de insectos, dado que éstos son su fuente principal de alimento. Esto los convierte en aliados para el hombre más que en enemigos. Además, el hombre los utiliza con frecuencia como animales de laboratorio para numerosas investigaciones.

Otro grupo de vertebrados que también despierta un sinfín de creencias son los ofidios. Ellas nacen del folklore popular donde la imaginación y la cultura regional han adornando y aumentado estas creencias. Muchas tienen asidero en la morfología de estos animales o en sus costumbres. Entre estas creencias podemos mencionar (Esteso, 1983):

♦ *Las víboras miran fijo para hipnotizar a sus presas, con un especial poder fascinante que las paraliza*. En los ofidios los párpados se han soldado en la etapa embrionaria formando una lente transparente que protege el ojo, por lo que carecen de párpados móviles. Por lo tanto, las serpientes se ven imposibilitadas de cerrar sus ojos y por ello su mirada es fija.

♦ *Maman la leche de las vacas, por eso las encontramos de noche en los establos.* Las víboras se alimentan de animales de sangre caliente como los ratones, los que se refugian en los establos buscando calor. Por ello es frecuente encontrar víboras en esos lugares, en busca de sus presas. Por otra parte, sus labios rígidos imposibilitan que estos animales realicen la succión que es necesaria para extraer leche de las mamas de las vacas. Si a un ofidio se lo alimentara con leche, moriría por enteritis y colitis, ya que no posee las enzimas necesarias para su digestión. La lactancia es exclusiva de los mamíferos.

♦ *Los sapos rodean a las víboras con un círculo de saliva, éstas no pueden salir y se matan a golpes.* Esta creencia se basaría en que las víboras venenosas generalmente no se alimentan de sapos, por lo que éstos no escapan ante su presencia. En cambio, algunas especies de culebras, como la falsa yarará o sapera, sí se alimentan de estos anfibios y en ese caso huyen para no ser depredados.

Muchas otras leyendas son solo producto de la imaginación mezcladas con elementos folclóricos para los que la ciencia no tiene explicación. Entre ellos podemos mencionar:

♦ *Para matar una yarará se la debe cortar en varios pedazos, y tirarlos separadamente, porque si no los pedazos se juntan de nuevo y siguen viviendo.*

♦ *Cuando una persona es picada por un ofidio venenoso, debe ser picada por otro más venenoso para contrarrestar el veneno.*

♦ *A una mujer embarazada, en Semana Santa, la víbora no la pica.*

A pesar de esta mala fama, los ofidios venenosos se alimentan de roedores y por ello son importantes controladores biológicos de estas especies en los ecosistemas. Los ofidios atacan al hombre cuando se sienten amenazados al ser sorprendidos en su hábitat, en fenómenos naturales como inundaciones donde quedan entre ramas y hojarasca, en desmontes y/o incendios forestales. Lo único efectivo contra el veneno inoculado por una mordida de ofidio es el suero antiofidico. Todas las demás acciones que pueden realizarse (torniquetes, curas caseras, etc.) solo aumentan la gravedad de la lesión causada por la mordedura.

También sufren la persecución del hombre algunos lagartos, conocidos como “gekos o chelcos”. Se trata de pequeñas lagartijas nocturnas (Orden Lacertilia, Familia Gekonidae) que habitan frecuentemente en las casas o sus proximidades. Sus párpados están fusionados, por lo que también “miran fijo”. Presentan el extremo distal de los dedos dilatados, con laminillas en la cara inferior que les permite trepar con facilidad incluso por el techo de las viviendas, creando fantasías sobre los motivos de estas habilidades. Son, sin embargo, totalmente inofensivas, carecen de veneno y su importante función ecológica es la de controlar las poblaciones de insectos y otros invertebrados.

Pueblos de diferentes culturas relacionan a los búhos y lechuzas con seres misteriosos ligados a la sabiduría, lo divino y hasta con lo diabólico. Estas creencias se basan en que, la mayoría de las especies son nocturnas, con grandes ojos que miran fijamente, pueden girar la cabeza 180°, su coloración ventral es blanca (semejando un fantasma), emiten fuertes gritos y poseen abundantes plumas que les confieren un vuelo silencioso. Para muchos, la presencia de estos animales anticipa desgracia y muerte, sin embargo no hay asidero científico para justificar estos miedos, ya que son especies absolutamente beneficiosas para el hombre. Muchas de ellas enfrentan serios problemas de conservación, por lo que merecen nuestro respeto y concientización para recuperar sus poblaciones silvestres.

Mamíferos nocturnos como los murciélagos también producen rechazo y miedo. Su actividad crepuscular, su vuelo rápido y rasante y la falta de comprensión de cómo se orientan en la oscuridad, hacen que las personas les teman. Además, aunque son muy pocas las especies de murciélagos que se alimentan de sangre (vampiros hematófagos), se asocia a estos animales con personajes que han dado origen a libros y películas como la historia del conocido Conde Drácula. Sin embargo, los murciélagos tienen un rol benéfico en el mantenimiento de bosques, en la dispersión de semillas, en su actuación como polinizadores y controladores de plagas de insectos. Un aspecto negativo que se relaciona con el hombre y los animales domésticos, es la transmisión de algunas enfermedades como la rabia. Por último, los ratones y ratas generan aprensión en muchas personas por ser habitantes asiduos de basurales y lugares sucios. Son vectores de numerosas enfermedades, tales como tifus, fiebre hemorrágica y enfermedades virales en general, aunque no ataquen directamente al hombre.

4. ¿Cuáles son las adaptaciones que permiten a las especies vivir en distintos ambientes, ser diurnas o nocturnas y tener diferentes dietas?

Los vertebrados viven en una gran variedad de hábitats, tanto en tierra como en el agua y aire, adaptándose a ambientes de selvas tropicales o glaciares, desiertos o aguas oceánicas, ríos o lagos, cuevas o montañas, etc. Algunas especies tienen requerimientos de hábitat muy específicos y por ello se las encuentra solamente en algunos sitios puntuales, mientras que otras son muy flexibles y pueden vivir en una amplia gama de ambientes incluso en aquellos muy modificados por el hombre, como las ciudades. El territorio de la provincia de Córdoba ofrece una interesante variedad de hábitats, incluyendo montañas de casi 3.000 m de altura como el Cerro Champaquí, lagunas saladas como Mar Chiquita, pastizales de altura como la Pampa de Achala o los bosques serranos que cubren parte de las Sierras. Los animales vertebrados que habitan la provincia se han adaptado a estos ambientes, mostrando diversos modos de vida que les permiten aprovechar los recursos disponibles para sobrevivir.

♦ Todas las especies de *peces* que habitan los ríos y lagos de Córdoba pertenecen al grupo de peces óseos o teleósteos. Adaptadas a una vida exclusivamente acuática, la mayoría tienen un cuerpo fusiforme, hidrodinámico, que puede o no estar recubierto de escamas, con branquias para obtener el oxígeno del agua y con aletas que facilitan la natación. Entre las más conocidas está el “pejerrey” (*Odontesthes bonariensis*), nadador veloz de forma alargada y esbelta, con boca protráctil de posición terminal y numerosos rastrillos branquiales que funcionan como un filtro para retener los pequeños organismos animales y vegetales (plancton) de los que se alimenta. También incluye en su dieta peces, insectos y caracoles acuáticos. Los “bagres, viejas del agua y limpiafondos” viven en los fondos de ríos y lagos y presentan adaptaciones para moverse y encontrar a sus presas en las aguas turbias y profundas donde la luz es escasa. Utilizan sus ojos y el olfato, pero principalmente perciben el ambiente a través del sentido táctil-gustativo que poseen en sus barbillas, conocidas vulgarmente como “bigotes”. Con ellas tocan el fondo, reconociendo así el medio que los rodea y encontrando su alimento, que consiste en detritos, insectos del fondo y otros peces. Dentro de los conocidos como pequeños peces animalívoros de aguas vegetadas están las “mojarras y dientudos” (Orden Characiformes), peces de

cuerpo comprimido lateralmente. Estas especies son muy comunes en la provincia, habitando en ríos y lagos donde capturan peces e insectos con su boca bien provista de dientes, aunque también se alimentan de vegetales. En aguas someras de este mismo ambiente habitan los “orilleros”, peces de pequeño tamaño (entre 3 y 8 cm) que se alimentan de microorganismos (plancton), algas e insectos. Contrariamente a la mayoría de los peces que son ovíparos (se reproducen por huevos), los orilleros son vivíparos, es decir que las hembras paren a sus crías, las cuales miden unos pocos milímetros al momento del nacimiento.

♦ Los *anfibios* representados en Córdoba por sapos y ranas (orden Anura) presentan adaptaciones a lo largo de su ciclo de vida que les permiten pasar del ambiente acuático al terrestre durante su desarrollo. Del huevo emerge una larva o renacuajo de vida acuática con branquias y cola, que luego de sufrir un proceso de profundos cambios anatómicos y fisiológicos (metamorfosis) se transforma en un adulto sin cola, con cuatro patas adaptadas al salto y pulmones para respirar en el aire. Además, la piel de los anfibios presenta una capa córnea ausente en los peces, que reduce la desecación en el aire y que permite que los adultos se alejen del ambiente acuático. Esta piel también permite el intercambio gaseoso o respiración cutánea. Muy conocido es el “sapo común”, presente incluso en plazas y jardines dentro de las ciudades, el que posee una lengua larga y fija en la parte anterior de la boca, adaptada para capturar los insectos y arácnidos de los que se alimenta durante la noche. Otras especies, como la “rana mono”, son arborícolas. Esta rana es de movimientos lentos y, tanto en las manos como en los pies, tiene pulgares oponibles (como en la mano humana), permitiéndoles sujetarse de las ramas para desplazarse. Coloca sus huevos en cartuchos de hojas dobladas por encima de charcos o lagunas, de modo que al eclosionar los renacuajos caen al agua. Los anuros se aparean durante la noche, cumpliendo el oído un papel importante en el encuentro de los individuos de ambos sexos. Los machos llaman a las hembras a través de su canto, característico de cada especie. El sonido se produce por vibración de los bordes elásticos de un par de pliegues epiteliales de la cámara laríngea, las cuerdas vocales. El canto es amplificado por sacos ubicados en la garganta, pudiendo estar presentes en número par o impar. Los anuros poseen también gritos de alarma o de advertencia que pueden ser efectuados tanto por el macho como por la hembra.

♦ En el grupo de los *reptiles* aparece una importante estructura reproductiva, el huevo amniota (también presente en las aves), en cuyo interior se desarrolla el embrión. Rodeado de una cáscara que puede ser rígida o flexible, tiene estructuras y membranas internas que hidratan, nutren y protegen al embrión durante su desarrollo y permiten acumular los desechos de su metabolismo hasta la eclosión. El huevo amniota y la presencia de una piel más cornificada que reduce la desecación permitieron a los reptiles independizarse del medio acuático y adaptarse a una mayor diversidad de hábitats terrestres. Entre los reptiles, las tortugas se caracterizan por tener un caparazón que les brinda una notable protección. Las tortugas terrestres tienen el caparazón abovedado y patas de tipo columnar para desplazarse caminando, mientras que en las tortugas acuáticas el caparazón es aplanado y las patas tienen forma de remo, con dedos unidos por membranas que facilitan la natación. Entre las terrestres, la “tortuga común” (*Chelonoidis chilensis*) se alimenta de vegetales que corta con su pico córneo sin dientes. En cambio la “tortuga de laguna” (*Phrynops hilarii*) tiene el cuello largo y móvil para capturar peces y anfibios. Los lagartos presentan generalmente cuatro patas bien desarrolladas que les permiten desplazarse en tierra, en los árboles o incluso en el agua, y una cola larga que en muchas especies, en caso de amenaza, puede desprenderse para distraer a sus depredadores y luego se regenera. Existen también lagartos sin patas (ápodos) conocidos como “víboras de dos cabezas” o “viboritas ciegas” (*Anops kingi*, *Amphisbaena spp.*) que viven bajo la tierra. Estas especies son despigmentadas y sus ojos están atrofiados. Los ofidios también carecen de miembros y se desplazan ondulando su cuerpo sobre el sustrato. Algunos viven en ambientes secos, como la lampalagua (*Boa constrictor occidentalis*), donde caza mamíferos y aves a los que mata por constricción, enrollando su cuerpo de fuerte musculatura sobre las presas, que mueren por asfixia. Otros ofidios viven cerca de ambientes acuáticos y se alimentan de peces y renacuajos, como la culebra amarilla (*Lygophis poecilogyrus*). Algunos ofidios y lagartos son nocturnos (“yará”, “geko”) y cuando los observamos de día presentan sus pupilas verticales. De noche, estas pupilas se amplían tomando forma circular para recoger mayor cantidad de luz. Además, las víboras venenosas como la “yará” y la “cascabel” presentan órganos especiales llamados fosetas loreales termorreceptoras. Este receptor es un órgano par, ubicado entre cada ojo y las aperturas nasales, cuya función es percibir las radiaciones

infrarrojas (calor) que emiten sus presas y así detectarlas en la oscuridad. En el interior de la foseta existe una delgadísima membrana muy vascularizada e innervada por terminaciones nerviosas. A medida que esta membrana absorbe las radiaciones infrarrojas va aumentando su temperatura y excita las terminaciones nerviosas libres que llevarán la información al sistema nervioso.

♦ Las *aves*, grupo de vertebrados con mayor riqueza de especies de la provincia, presentan una variedad de adaptaciones a distintos ambientes. Un esqueleto formado por huesos resistentes pero livianos, y las plumas de las alas adaptadas al vuelo han permitido a las aves ser los vertebrados voladores por excelencia. En las Sierras Grandes habita el ave voladora de mayor tamaño, el “cóndor” (*Vultur gryphus*), de 3 m de envergadura. Su vuelo planeado a gran altura y su agudo sentido de la vista le posibilita detectar animales muertos, incluyendo el ganado, de los cuales se alimenta. La cabeza carente de plumas permite que sea introducida dentro de la carroña sin acumular suciedad en ella. Vive en lugares altos y sus plumas oscuras, ricas en melanina, ofrecen mayor resistencia al roce con las rocas. Otras aves viven relacionadas al ambiente acuático. Entre ellas, los patos presentan patas palmeadas para la natación y un plumaje impermeable gracias a una glándula productora de aceite (glándula uropigia), ubicada en la región posterior de su dorso. El ave recoge con su pico la secreción oleosa y la esparce en su plumaje. Los picos de las aves tienen formas y tamaños muy variados, adaptados a distintas dietas. Así, por ejemplo, las “garzas” (géneros *Egretta*, *Ardea* y otros) tienen un pico alargado y fuerte para capturar peces y anfibios que cazan en ríos, lagunas y zonas inundadas por las que vadean con sus largas patas; el “flamenco” usa su pico muy curvado provisto de laminillas para filtrar pequeños crustáceos del agua; la “cotorra” y otros loros tienen un pico robusto y ganchudo adaptado para consumir frutos, semillas y hojas; el “picaflor verde común” (*Chlorostilbon aureoventris*) tiene un pico delgado y una larga lengua para alimentarse del néctar de las flores y de los pequeños insectos que viven en ellas; y “cardenales” y “jilgueros” (Familia *Thraupidae*) tienen el pico cónico adaptado a una dieta netamente granívora en los bosques que habitan. También hay aves que se relacionan de manera muy estrecha con los árboles, ya sea porque nidifican en ellos o buscan allí su alimento. Entre ellos, el “carpintero real” (*Colaptes melanochloros*)

posee una cola larga con plumas rígidas que apoya en el árbol cuando trepa, y sus dedos están dispuestos dos hacia adelante y dos hacia atrás con uñas desarrolladas, lo que permite agarrarse de los troncos en forma vertical. Tiene un fuerte pico con el que golpea los troncos para perforarlos y capturar larvas e insectos, así como para construir su nido. Algunas aves son de hábitos nocturnos, como las conocidas “lechuzas” que buscan en la oscuridad a sus presas, los ratones, a los que detectan con su vista y oído. Poseen grandes ojos de posición frontal que les permiten tener una amplia visión binocular y percibir la profundidad y ubicación de los objetos aumentando la precisión en la captura de la presa. El oído es también un sentido muy desarrollado en este grupo. Las plumas que bordean la cara y a los orificios auditivos externos se encuentran levantadas y compactas lo que hace que funcionen como un pabellón. A su vez, los conductos auditivos de un lado y otro se encuentran a diferentes alturas, lo que le confiere una precisión muy marcada para ubicar la fuente del sonido. Su vuelo es, además, muy silencioso debido a su abundante plumaje, no interfiriendo con la percepción del sonido producido por sus potenciales presas.

♦ Los *mamíferos* presentes en Córdoba habitan en todos los ambientes que ofrece la provincia. En este grupo hay especies muy pequeñas, como algunos roedores, hasta grandes, como el “guanaco” (*Lama guanicoe*) y el “puma” (*Puma concolor*). También podemos encontrar mamíferos acuáticos (como el “coipo”) que presentan adaptaciones tales como patas palmeadas y forma hidrodinámica. Hay especies arborícolas como la “comadreja común”, que se desplaza por las ramas ayudada por los pulgares oponibles de pies y manos y su cola prensil. Su dieta incluye granos, frutos, huevos, insectos y pequeños vertebrados que captura en tierra o en los árboles. Los murciélagos han conquistado el ambiente aéreo, presentando sus extremidades anteriores transformadas en alas conformadas por sus largos dedos unidos por una delgada membrana (patagio).

Los dientes de los mamíferos están adaptados en tamaño, forma y número a los distintos alimentos. Los que se alimentan de carne (carnívoros) presentan muelas comprimidas con cúspides cortantes (“zorros”, “puma”), aquéllos que consumen una proporción semejante de vegetales y animales (omnívoros) presentan coronas anchas con cúspides redondeadas (“pecarí”) y los que se alimentan sólo de vegetales

(herbívoros) poseen la dentina del diente plegada (“corzuela”). Los “ratones” (Orden Rodentia) tienen un par de incisivos en la mandíbula superior, de crecimiento continuo y que se desgastan al roer la materia vegetal de la que se alimentan. Los félicos como el “gato montés” (*Leopardus geoffroyi*) tienen excelentes sentidos de la vista y del oído y una musculatura y esqueleto adaptados para una carrera corta pero muy veloz para atrapar aves, mamíferos y otros animales. Los cánidos como el “zorro gris” (*Lycalopex gymnocercus*) usan su oído y agudo olfato para detectar sus presas, que capturan ayudados por su hocico prominentemente armado con fuertes dientes. Algunos mamíferos son activos de noche, como los gatos. Debido a la escasez de luz sus ojos presentan un pigmento en la retina que mejora la visión nocturna. Los murciélagos salen en busca de su alimento cuando oscurece. Detectan a sus presas y evitan chocar contra los objetos a través de la emisión y recepción de ultrasonidos (ecolocación). Este sistema ofrece información sobre la forma y distancia de los objetos. Las ondas sonoras son producidas por la laringe y salen al exterior por la boca o por las aperturas nasales, rebotan contra los objetos y regresan para ser captadas por las orejas. Si bien no son ciegos, el sistema de ecolocación de los murciélagos les permite volar en la oscuridad con alta precisión. Dentro de este grupo, los vampiros (murciélagos hematófagos) como el “vampiro común” (*Desmodus rotundus*), poseen en el rostro órganos sensoriales especiales que contienen receptores de infrarrojo que serían utilizados para detectar los vasos sanguíneos situados bajo la piel de los animales de cuya sangre se alimentan.

5. ¿Qué lugar ocupan en las redes tróficas las distintas especies de vertebrados?

Las redes tróficas de los ecosistemas representan la interrelación existente entre las cadenas tróficas, que son las vías que siguen los nutrientes y la energía desde los productores hasta los consumidores de cada ecosistema. La posición jerárquica que los organismos de un ecosistema ocupan en relación con la fuente de energía se conoce como nivel trófico. Los organismos de un nivel trófico determinado comparten la misma función en la cadena alimentaria. De modo general, en los distintos niveles tróficos se agrupan los productores, los consumidores

y por último, los detritívoros, carroñeros y descomponedores (Figura 1). Los productores, se ubican en el primer nivel trófico. También se los denomina “autótrofos” porque tienen la capacidad de generar su propio alimento. La gran mayoría de los productores son plantas que mediante el proceso de fotosíntesis utilizan el sol como fuente primaria de energía para sintetizar su alimento en base a nutrientes del suelo, agua y gases de la atmósfera (dióxido de carbono). Están representados por todas las especies vegetales de los pastizales, montes, bosques serranos y chaqueños, y por las algas que viven en ríos y lagos. Los consumidores son los animales que se alimentan de los productores, es decir, animales herbívoros (consumidores primarios) ubicados en el segundo nivel trófico. En Córdoba podemos mencionar a mamíferos como los “ratones granívoros”, la “corzuela”, la “vizcacha” y el “guanaco” que se alimentan de pastos y hojas, y muchas aves que se alimentan de frutos y granos, como las “palomas”, las “cotorras” y los “chingolos”. Los consumidores secundarios son aquellos animales que se alimentan de los herbívoros o consumidores primarios. Se ubican en el tercer nivel trófico. Por ejemplo, una “yarára” que se alimenta de un “ratón de campo”, una “rana criolla” que depreda sobre un pichón de ave o sobre otros anfibios más pequeños, o un “gato montés” que come un “cuis” o un “inambú”, son consumidores secundarios, al igual que el “dorado”, la “tararira” que se alimentan de otros peces (Figura 1). En el cuarto nivel trófico se encuentran los consumidores terciarios, como un “águila mora” que se alimenta de una serpiente o una “garza mora” que depreda sobre una “tararira”. Puede haber más niveles tróficos en una cadena o red, hasta alcanzar el nivel de los predadores tope, como por ejemplo el puma. Los consumidores de niveles superiores no son exclusivamente predadores carnívoros, ya que algunos pueden consumir plantas (hojas, semillas, frutos) y animales (insectos, arañas, huevos, otros vertebrados), siendo entonces omnívoros. La “palometa” (*Cichlasoma facetum*), el “lagarto overo”, los “pirinchos”, la “comadreja” y el “pecarí de collar” son ejemplos de especies omnívoras de nuestra fauna. Las categorías de detritívoros, carroñeros y descomponedores agrupan a organismos que se alimentan de los restos muertos de plantas y animales. El llamado “limpiafondo” (*Corydoras sp.*) frecuenta los fondos de ríos y lagos en busca de microorganismos que proliferan en los restos de materia orgánica (detritos). Este hábito lo hace un pez muy útil para los aficionados al acuarismo, pues mantiene limpios los

fondos de las peceras. El “cóndor” y los “jotes” se alimentan de los restos de animales muertos (carroña), incluyendo el ganado doméstico, teniendo así un importante rol como especies “limpiadoras” de los ecosistemas (Figura 1). Por último, las cadenas tróficas se completan con los descomponedores, como bacterias y hongos, que transforman los restos orgánicos de plantas y animales en materiales inorgánicos, que se incorporan al suelo en forma de nutrientes.

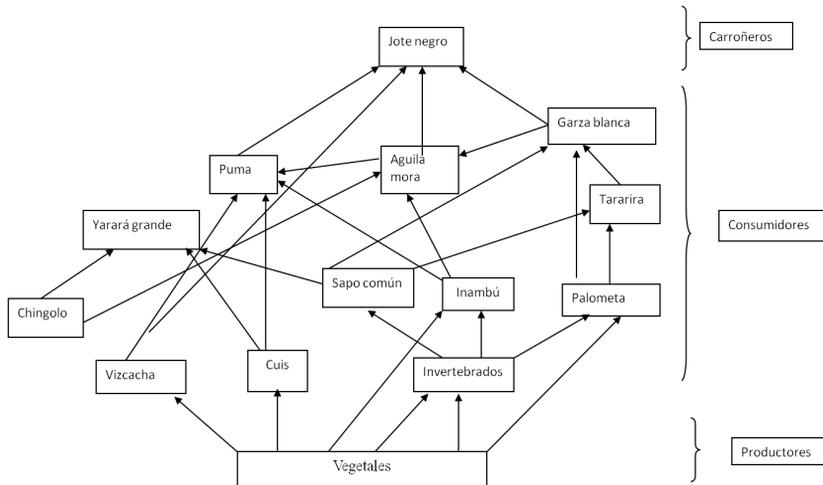


Figura 1. Red trófica confeccionada en base a especies comunes en la Provincia de Córdoba.

6. ¿Cómo afectan las alteraciones del medio ambiente generadas por las actividades humanas a la diversidad de vertebrados?

Históricamente el hombre ha transformado los ecosistemas naturales como producto de sus propias necesidades y actividades, afectando de manera directa o indirecta la diversidad biológica presente en ellos. Si dicha transformación es drástica y total puede ocasionar de manera irreversible la extinción de especies. Sin embargo, cambios parciales son preocupantes y sus efectos negativos pueden no ser observables a corto plazo. El decrecimiento de los componentes faunísticos puede ser registrado a través de la disminución numérica de las poblaciones, en la retracción de su distribución o directamente provocando la desaparición

total de una especie en una región determinada. A partir de esto surge la necesidad de contar con estrategias tendientes a mitigar las alteraciones que el hombre, mediante sus múltiples actividades, puede ocasionar sobre los ecosistemas naturales. La pérdida de una o varias especies en un ambiente natural trae distintas consecuencias que impactan en el balance y equilibrio de los ecosistemas, ya que lo que se pierde es un eslabón dentro de las redes tróficas que los componen.

Entre las causas más importantes que modifican los ambientes acuáticos y/o terrestres se destacan:

♦ *El uso inadecuado de las tierras o “el cambio en el uso del suelo”* (deforestación, expansión de la frontera agrícola-ganadera, urbanización sin planificación ni análisis de impacto previo, actividad minera, entre otros usos). Es la principal causa de disminución de la biodiversidad por pérdida o deterioro de los hábitats naturales, que ha provocado que diversos ambientes sean transformados en campos agrícolas, ganaderos, rutas, zonas urbanas y represas con la consiguiente pérdida de numerosas especies. Uno de los grupos más afectados por estas alteraciones es el de los anuros. Las poblaciones del “escuerzo” (*Ceratophrys ornata*) y “escuercito” (*Odontophrynus achalensis*) han disminuido por degradación y fragmentación de sus hábitats debido al avance de la frontera agrícola y de las urbanizaciones. El estatus de las poblaciones de la “ranita de cuatro ojos de Achala” (*Pleurodema kriegi*) es vulnerable, ya que su distribución se encuentra restringida por el uso ganadero de las tierras, a pesar de que su mayor área de distribución corresponde a áreas protegidas (Vaira et al., 2012). Entre los reptiles, las poblaciones del “lagarto de cobre” (*Pristidactylus achalensis*), endémico de Pampa de Achala, presentan un estatus vulnerable, debido al crecimiento turístico de la zona y la transformación del paisaje por la construcción de caminos que hacen accesibles a muchos sitios donde habita este lagarto (Abdala et al., 2012). Las aves también se encuentran afectadas por las modificaciones del ambiente. Las poblaciones del “carpintero negro” (*Dryocopus schulzi*), de la “martineta común” (*Eudromia elegans*) y del “loro hablador”, se encuentran seriamente amenazadas debido a la destrucción de su hábitat por desmonte. Por otra parte, uno de los mamíferos afectados por la degradación de sus hábitats naturales es el roedor *Dolichotis patagonum*, conocido vulgarmente como “mara o liebre patagónica”, y cuyas poblaciones, con-

finadas actualmente al norte y oeste provincial, presentan un estatus vulnerable. También, la construcción de numerosos caminos asfaltados donde los automóviles transitan a gran velocidad, provoca la muerte de muchos animales que intentan cruzarlos. Aunque los cadáveres son alimento para “chimangos” (*Milvago chimango*) y “caranchos” (*Caracara plancus*), que se ven así favorecidos, las consecuencias son negativas para la mayoría de las especies (López-Lanús, Grilli, Coconier, Di Giacomo & Banchs, 2008).

♦ *Sobreexplotación de especies animales.* Consiste en la extracción de individuos de una población a una tasa mayor a la que la especie es capaz de reproducirse en su ambiente. Esto trae como consecuencia la disminución del número poblacional de la especie explotada. Si la tasa de extracción es muy alta puede ocurrir la extinción local de la especie o bien desaparecer del planeta. Principalmente, la sobreexplotación ocurre a través de la caza en alto número de aves canoras y de animales sólo con fines ornamentales. Entre ellos, la “tortuga terrestre”, cuyo número poblacional ha decrecido seriamente por las alteraciones ambientales y por su caza desmedida para comercializarla ilegalmente como mascota y las aves de jaula como el “cardenal amarillo” (*Gubernatrix cristata*), categorizada como “especie en peligro de extinción” a nivel nacional y a nivel internacional por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), el “cardenal copete rojo” (*Paroaria coronata*) y la “reina mora” (*Cyanocompsa brissonii*), entre otras. Muchas especies de vertebrados son cazadas por su carne, cuero o plumas. Si bien su caza ha sido prohibida (Resolución 24/86 de la Secretaría de Ambiente, Ganadería y Pesca de la Nación), la “lampalagua” (*Boa constrictor occidentalis*), y es perseguida para el comercio ilegal de su cuero, por lo que se la sigue considerando como especie amenazada (Giraud et al., 2012). Dentro de los mamíferos, el “gato del pajonal” (*Leopardus pajeros*) presenta un estado poblacional vulnerable debido a que, al igual que otros felinos, es cazado por su piel, aunque su captura ha disminuido bastante en la actualidad (Ojeda, Chillo & Díaz Isenrath, 2012). El lobito de río (*Lontra longicaudis*), que habita las cuencas del Río Suquía (Primero) y Xanaes (Segundo), ha sido objeto de una caza comercial incontrolada para obtener su piel. Esto ha causado una significativa disminución de sus poblaciones, siendo escasos los avistamientos de sus ejemplares en la actualidad.

♦ *Contaminación del suelo y el agua.* Los ecosistemas acuáticos han sido en menor o mayor grado afectados por la actividad humana. Los recursos hídricos reciben grandes aportes de sustancias contaminantes provenientes tanto de las zonas urbanas y parques industriales como de las regiones agrícolas. Las tierras dedicadas a la agricultura son tratadas con pesticidas y fertilizantes que alcanzan los ríos y lagos por el arrastre producido por las lluvias. La provincia de Córdoba no escapa a esta situación, siendo la cuenca del Río Suquía la más afectada del territorio cordobés. Este curso atraviesa la ciudad de Córdoba, y recibe un aporte significativo de contaminantes que alteran sus condiciones ambientales. En los cuerpos de aguas contaminados los peces se ven seriamente afectados, pudiendo desaparecer de aquellos sitios que presentan una baja calidad del agua, o proliferar si resisten las condiciones adversas. De esta manera, especies como la “mojarra” (*Astyanax eigenmanniorum*) y la “vieja del agua” (*Rineloricaria catamarcensis*) disminuyen en abundancia con el incremento de la contaminación, mientras que otras se ven favorecidas aumentando el número de individuos, como los “orilleros” (*Cnesterodon decemmaculatus* y *Gambusia affinis*) (Hued & Bistoni, 2005). De esta manera, las comunidades en su totalidad cambian sus características a lo largo del gradiente ambiental, decreciendo el número de especies en los sitios más contaminados. Por otra parte, peces que viven en zonas con contaminación cloacal presentan una alta concentración de bacterias coliformes acumuladas en sus tejidos (Guzmán, Bistoni, Tamagnini & González, 2004). Dichas bacterias no son propias de estos organismos acuáticos, por lo que la manipulación de estos peces para consumo incrementa el riesgo de contaminación en personas que se alimentan de su carne y en quienes manipulan los peces.

♦ *Introducción de especies exóticas.* Desde los tiempos de la conquista del continente americano hasta nuestros días el movimiento de las poblaciones humanas ha sido acompañado con migraciones de distintas especies. Debido a la naturaleza inquieta del hombre, al hecho de adquirir nuevos territorios y llevar con ellos algo proveniente de los lugares donde residían, se produjo la introducción de especies exóticas en ambientes terrestres y acuáticos. Este traslado de organismos, ya sea intencional o accidental, ha modificado gravemente los ecosistemas naturales, impactando el equilibrio en el que se encuentran los mismos y modificándolos de manera irreversible, a tal punto que las especies foráneas pasan a ser parte del elenco faunístico del lugar.

♦ *Construcción de embalses y represas.* Para contar con grandes reservas de agua para consumo, recreación y/o con el fin de obtener energía hidroeléctrica, el hombre ha construido diques y represas sobre numerosas cuencas. Esto ha provocado pérdida de la diversidad biológica al bloquear la migración de ciertas especies de peces (los cuales se desplazan con fines alimenticios o reproductivos) y al modificar los ciclos biológicos de las especies con el manejo de los caudales de cada cuenca. En este sentido, las poblaciones del “dorado” (*Salminus brasiliensis*) se han visto seriamente afectadas en la provincia de Córdoba, en los ríos Tercero y Cuarto por las represas construidas en la provincia de Santa Fe, impidiendo que este pez remonte las cuencas mencionadas. Por otra parte, cuando diques y represas son construidos en la llanura pueden ocasionar la inundación de grandes extensiones de tierra, alterando también de esta manera los ecosistemas terrestres.

♦ *Cambio climático.* Ha sido definido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático como “*el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables*” (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 1992, art. 1 párra. 2). En este sentido, es necesario mencionar el calentamiento global que sufre el planeta con el incremento de la temperatura promedio de la atmósfera y de los océanos y mares debido al aumento en la concentración de gases (dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno, ozono, clorofluorocarbonados, etc.), producidos por la quema de combustibles fósiles, la actividad industrial y acrecentada por la deforestación a escala global. El cambio climático que sufre nuestro planeta trae como consecuencia alteraciones radicales tales como aumento del nivel del mar, retroceso de glaciares, violentas tormentas y sequías extremas, entre otros fenómenos. Por ende, los ecosistemas se ven afectados de manera tal que muchas especies ya están respondiendo a través de cambios en su distribución, y uso de hábitats y modificaciones de sus hábitos migratorios. Si bien no existen estudios sistemáticos al respecto, se ha observado que especies como la “charata”, *Ortalis canicollis*, y el “oso melero”, *Tamandua tetradactyla*, han ampliado sus distribuciones hacia el sur de su límite austral como consecuencia del incremento de la temperatura.

7. ¿Cómo se aborda el estudio de la diversidad de vertebrados? ¿Qué métodos se utilizan?

Ante el riesgo inminente de la pérdida de diversidad biológica que las actividades humanas han producido y producen actualmente, la premisa y desafío del hombre para hacer frente a esta problemática es proteger la biodiversidad existente, promover estudios tendientes a conocer cómo están conformados los ecosistemas en cuanto a sus componentes bióticos y abióticos y determinar cómo éstos se modifican por las acciones del hombre. Toda esta información permite diseñar estrategias, tomar decisiones tendientes a la conservación de la diversidad y llevar a cabo acciones de manejo a escala local, lo que repercutirá a escala regional.

Para estudiar y caracterizar a la biodiversidad se han utilizado históricamente distintos parámetros, calculados a partir de los datos numéricos obtenidos al aplicar diferentes metodologías de captura de animales. Cada unidad geográfica, paisaje o tipo de ambiente en particular presenta numerosas especies, poblaciones y comunidades cuya distribución depende de las características que posee el entorno donde viven. Por ello, y de acuerdo a la escala espacial en la que centremos nuestra mirada, para abordar el estudio de la biodiversidad han sido estimados diferentes parámetros. Entre los más utilizados mencionaremos primeramente a la riqueza, que consiste en determinar el número de especies registradas en el ambiente en estudio (Moreno, 2001). A partir de esto es posible realizar el listado de especies capturadas, lo que nos permite conocer la composición específica del sistema. Otro parámetro importante es la abundancia de cada especie (número de individuos) y la abundancia total de la comunidad en estudio. Por último, mencionaremos la existencia de numerosos índices de diversidad que relacionan los valores de riqueza y de abundancia de cada especie registrada en el ambiente, brindando un valor que cuanto más alto es nos indica una mayor diversidad biológica.

Para abordar el estudio poblacional existen distintas metodologías y técnicas de muestreo según la especie en estudio, que nos permiten “capturar” individuos para poder identificarlos y contarlos (Gallina & López González, 2011). Las metodologías son específicas y selectivas, dado que pueden capturar determinados grupos de especies, o bien determinados tamaños de individuos.

Para la captura de *peces* se utilizan redes y equipos de pesca eléctrica. Entre las redes, una de las más utilizadas es la red de arrastre, que se aplica en muestreos costeros y captura especies mayores que la abertura de la malla. En ríos serranos, la utilización de un equipo de pesca eléctrica es muy efectivo para muestrear los distintos hábitats que ofrece este ambiente acuático. La descarga eléctrica debe ser la adecuada de manera tal que los peces sean “atontados” y capturados con redes de mano. Tras el shock adecuado de electricidad los individuos se recuperan a la brevedad, permitiendo que sean contados y devueltos vivos al río. Esta metodología debe ser correctamente aplicada por expertos, dado que no debe causar la muerte a los individuos. Además, está avalada globalmente como un método eficaz para la captura de peces

Para los *anuros* adultos es conveniente la colecta nocturna en época reproductiva, la cual se realiza siguiendo el canto de los machos y capturando los individuos de forma manual. Los renacuajos, debido a la escasa movilidad, pueden ser capturados con pequeñas redes de mano.

Para cuantificar las poblaciones de vertebrados terrestres existen métodos *directos* e *indirectos*. Entre los primeros podemos mencionar el conteo de individuos a lo largo de transectas y métodos de captura. Los métodos indirectos, en cambio, comprenden el conteo de huellas o heces, de madrigueras y registros de canto. Cada uno de estos métodos tiene limitaciones y ventajas que deben considerarse a la hora de seleccionar uno en particular. La mayoría de los reptiles y anuros pueden ser capturados a través de trampas. Las más utilizadas son las trampas de foso, las que contienen una cubeta cuya boca queda al ras del suelo y donde los animales caen. Las *serpientes*, si bien pueden ser capturadas por los métodos anteriormente mencionados, también pueden ser atrapadas directamente en su ambiente con un bastón herpetológico que permite inmovilizar la cabeza del animal para poder manipularlo.

Las metodologías más utilizadas para las *aves* son:

- 1) los puntos de conteo,
- 2) el conteo sobre transectas prefijadas, y
- 3) las redes de niebla ornitológicas.

Los dos primeros métodos mencionados también pueden ir acompañados del registro del canto de las aves. Para la técnica de puntos de conteo, sobre una transecta, el investigador fija puntos equidistantes en donde se queda inmóvil durante diez minutos registrando las aves observadas. Pasado este tiempo, camina hasta el próximo punto y realiza un nuevo registro. Para el conteo sobre transectas prefijadas, el investigador registra a medida que va caminando todas las aves que observa en el trayecto. Por último las redes de niebla, también son ampliamente utilizadas para capturar aves en vuelo, pero su colocación dependerá del tipo de vegetación, tipo de ambiente y de las condiciones topográficas de este último. Estas redes también son muy eficaces para capturar *murciélagos*.

Para los *mamíferos*, las trampas-caja tipo *Sherman* son muy utilizadas en todo el mundo. Son aplicadas principalmente para la captura de especies pequeñas tales como *roedores*. También pueden usarse las trampas-corrал para mamíferos de mayor envergadura. En ellas, los ejemplares son conducidos por medio de señuelos o cebos hasta la trampa, la que consiste en estructuras permanentes de madera y alambre. Por último, mencionaremos el método de conteo de heces. El mismo es utilizado para estudiar *mamíferos* que no son fácilmente observables en sus ambientes naturales, como puede ser un “puma” o una “corzuela”. Se basa en la relación directa que existe entre el número de heces y la densidad poblacional. Es de fácil aplicación a campo y no disturba a los animales ya que no son afectados por el observador.

8. ¿Qué especies de vertebrados pueden observarse en el patio de mi casa o del colegio?

Aunque uno no esperaría que en el patio de una escuela en el centro de una ciudad haya muchas especies de vertebrados, más allá de mascotas domésticas como perros y gatos, una observación más detenida puede darnos la grata sorpresa de encontrar especies de la fauna silvestre. Varias aves del grupo de las “generalistas” han colonizado la ciudad, y por lo tanto son fácilmente observables en el patio de una escuela. El número de especies susceptibles de ser registradas, sin embargo, variará en función de la cercanía al centro de la ciudad, el cual constituye un medio adverso debido a la gran polución, tanto atmosférica como sonora, y al hecho de que frecuentemente los patios en las escuelas de esta zona no son de tierra y tienen pocas plantas y árboles. Sin embargo, es posible

observar “palomas torcazas” y de “ala manchada” (*Patagioenas maculosa*), junto a las “domésticas”; “ratonas”, “calandrias” (*Mimus spp.*) y “benteveos”, acompañando a los “gorriones europeos”. De noche es posible encontrarse con “lechuzas de campanario” (*Tyto alba*), siempre que la escuela tenga construcciones altas en donde puedan refugiarse. Entre los reptiles, pueden observarse algunos de hábitos domiciliarios tales como la “culebrita ciega” (*Epictia albipuncta*). Al avanzar hacia la periferia, a las especies mencionadas se suman otras como la “cotorra”, el “carpintero campestre” y el “carpintero real” (*Colaptes campestris* y *C. melanochloros*), siempre que haya árboles altos en donde estas especies puedan anidar y refugiarse; también el “hornero”, que necesita pisos de tierra, de donde, luego de las lluvias, obtendrá el barro para construir su nido; el “cacholote” (*Pseudoseisura lophotes*), el “picabuey” (*Machetornis rixosa*), la “ratona”, el “chingolo”, el “tordo renegrido” y el “tordo músico” (*Agelaioides badius*), los cuales precisan de vegetación arbórea o arbustiva, en donde obtienen alimento (ya sea insectos, frutos o semillas) y protección; y el “tero”, siempre que existan áreas con céspedes bien regados, ya que se alimenta de los invertebrados del suelo en dichos ambientes. Incluso un mamífero, la “comadreja overa”, puede construir su madriguera si hay vegetación arbustiva densa. Finalmente, al salir del ejido de las ciudades, en el patio de las escuelas rurales es posible encontrar una mayor cantidad de especies, cuyo número e identidad variará de acuerdo a la cercanía y tipo de vegetación natural en el contexto de dicha escuela. A las ya mencionadas se agregan los “ratones de campo” y “cuises”, aunque la presencia de perros y gatos puede dificultar que estas especies visiten los patios de la escuela.

9. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema a los alumnos?

1) *Explorando la distribución e identificando las adaptaciones de los vertebrados a diferentes ambientes.* Con el fin de lograr que los alumnos reconozcan adaptaciones de los vertebrados que les permiten vivir en determinadas ecorregiones, el docente colocará círculos de distintos colores en un mapa de la provincia de Córdoba con el nombre de la especie en la ecorregión característica para cada una. Los alumnos deberán detallar las ecorregiones donde fueron ubicadas las especies y destacar las adaptaciones morfológicas de cada una de ellas. Presentarán

la actividad en un afiche a sus compañeros. El docente seleccionará las especies a desarrollar teniendo en cuenta las adaptaciones a diferentes ambientes y el número de las mismas en relación a la cantidad de alumnos. Estos serán divididos en grupos, cada grupo analizará diferentes especies para que la exposición sea más interesante y no repetitiva.

2) *El rol de los vertebrados en el ecosistema.* Esta actividad tiene por objetivo concientizar sobre el rol que los vertebrados ocupan en el ecosistema y discutir estrategias de conservación y manejo frente a las alteraciones producidas por las actividades humanas. Para ello, la clase será dividida en grupos, cada uno de los cuales representará una especie de vertebrado de la fauna de Córdoba a través de la dinámica de juego de rol. Deben quedar especificados en la representación los siguientes aspectos para cada especie: nivel trófico, hábitos diurnos o nocturnos, relaciones con las especies representadas por los otros grupos de alumnos, y cómo se vería modificado el estado de conservación de la especie frente a las actividades humanas (elegir por lo menos dos de ellas). Para finalizar, se propondrán estrategias para protegerlas. El docente seleccionará las especies teniendo en cuenta que pertenezcan a diferentes niveles tróficos y que se vean afectadas por diferentes actividades humanas.

3) *Aves urbanas.* Con el propósito de que los alumnos identifiquen las especies más comunes de aves que habitan en la ciudad y relacionen su presencia con las características ambientales, los estudiantes registrarán las especies de aves observadas en una plaza cercana o en el patio de la escuela. Para ello el docente seleccionará una de las técnicas detalladas precedentemente. A través de la observación directa los alumnos deberán identificar cada especie, guiados por el docente y ayudados por la bibliografía (Narosky & Yzurieta, 2003), y contar el número de individuos de cada una de ellas. Para relacionar la presencia de las aves con el ambiente, cuantificar la presencia de árboles, arbustos, pasto, señalar fuentes de agua, caminos, etc. Se sugiere que esta actividad sea llevada a cabo comparando el ambiente que ofrece el patio de la escuela y un espacio verde cercano. En caso de no contar con patio se podrá comparar entre dos plazas de diferentes características. El trabajo será más rico si se logra trabajar en diferentes ambientes para comparar lo presentado por cada grupo.

4) *Los vertebrados en las noticias*. Esta actividad tiene la finalidad de que los alumnos desarrollen habilidades de interpretación y actitud crítica frente a noticias de actualidad sobre aspectos de los vertebrados de Córdoba. Para ello, buscarán noticias en diarios y/o revistas en las que aparezcan mencionadas especies de la fauna cordobesa. Trabajando con al menos cinco noticias elaborarán una breve presentación oral para exponer ante sus compañeros y responder las siguientes preguntas: ¿De qué especies se trata? ¿Las noticias hacen referencia a un individuo, a una especie, a muchas especies? ¿En qué región de la provincia de Córdoba habitan? ¿Se trata de noticias alentadoras o preocupantes en cuanto al estado de conservación de esas especies? ¿Qué podemos hacer para mejorar su situación?

Referencias bibliográficas

- Abdala, C. S., Acosta, J. L., Acosta, J. C., Álvarez, B. B., Arias, F., Avila, L. J., ... & Zalba, S. M. (2012). Categorización del estado de conservación de las lagartijas y anfisbenas de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología*, 26(Supl. 1), 215-247.
- Burkart, R., Bárbaro, N. M., Sánchez, R. O. & Gómez, D. A. (1999). *Eco-regiones de la Argentina*. Buenos Aires: Administración de Parques Nacionales.
- Esteso, S. (1983). Dichos, cuentos y leyendas relacionados con ofidios y ofidismo humano y animal. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas (Córdoba)*, 41(2), 50-55.
- Gallina, S. T. & López-González, C. (2011). *Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna. Volumen I*. Méjico: Universidad Autónoma de Querétaro - Instituto de Ecología A. C. Querétaro.
- Giraud, A. R., Arzamendia, V., Bellini, G. P., Bessa, C. A., Calamante, C. C., Cardozo, G., ... & Williams, J. D. (2012). Categorización del estado de conservación de las Serpientes de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología*, 26(Supl. 1), 303-326.

- Guzmán M. C., Bistoni, M. A., Tamagnini, L. & González, R. (2004). Recovery of *Escherichia coli* in fresh water fish, *Jenynsia multidentata* and *Bryconamericus jenynsi*. *Water Research*, 38(9), 2367-2373.
- Hued, A. C. & Bistoni, M. A. (2005). Development and validation of a Biotic Index for evaluation of environmental quality in the central region of Argentina. *Hydrobiologia*, 543, 279-298.
- López-Lanús, B., Grilli, P., Coconier, E., Di Giacomo, A. & Banchs, R. (2008). *Categorización de las aves de la Argentina según su estado de conservación. Informe de Aves Argentinas*. Buenos Aires: AOP y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Volumen 1. Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis SEA.
- Narosky, T. & Yzurieta, D. (2003). *Guía para la identificación de las aves de Argentina y Uruguay*. Buenos Aires: Asociación Ornitológica del Plata, Birdlife International, y Vázquez Mazzini Eds.
- Ojeda, R. A., Chillo, V. & Díaz Isenrath, G. B. (2012). *Libro Rojo de los mamíferos amenazados de la Argentina*. Buenos Aires: Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos.
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Extraído el 10 de Diciembre, 2014, de http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf
- Vaira, M., Akmentins, M., Attademo, M., Baldo, D., Barrasso, D., Barrionuevo, S., ... & Zaracho, V. (2012) Categorización del estado de conservación de los anfibios de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología*, 26(Supl. 1), 131-159.

Lecturas recomendadas

1) Haro, J. G. & Bistoni, M. A. (2007). *Peces de Córdoba*. Córdoba, Argentina: Ediciones Universidad Nacional de Córdoba.

Se presenta una síntesis sobre la taxonomía, distribución e historia natural de las especies de peces registradas para la Provincia de Córdoba.

2) Kardong, K. V. (1998). *Vertebrados. Anatomía comparada, función, evolución*. Washington, DC: Mc Graw-Hill.

Texto traducido al castellano donde se describen morfológica y funcionalmente los diferentes sistemas de los diferentes grupos de vertebrados de manera comparada.

3) Montero, R. & Autino, A. (2009). *Sistemática y filogenia de los vertebrados. Con énfasis en la fauna Argentina*. Tucumán, Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.

Texto actualizado y en castellano sobre la sistemática y filogenia desde el grupo de los cordados, con énfasis en los grupos actuales.

4) Narosky, T. & Yzurieta, D. (2003). *Guía para la identificación de las aves de Argentina y Uruguay*. Buenos Aires: Asociación Ornitológica del Plata, Birdlife International, y Vázquez Mazzini Eds.

Se describen morfológicamente las especies de aves de Argentina con el propósito de lograr la identificación de las mismas a campo. Incluye mapas de distribución, cantos y fotografías de las especies.

Sitios web recomendados

1) Base de datos de peces de Aguas Continentales de Argentina. (http://www.pecesargentina.com.ar/base_peces/login.php).

En ella se puede consultar sobre la sistemática y distribución de especies de peces de la Argentina.

2) Centro de Zoología Aplicada. (<http://www.efn.uncor.edu/departamentos/cza/5publicaciones.htm>).

El Centro de Zoología Aplicada edita material didáctico y de difusión sobre aspectos relacionados con la conservación de la vida silvestre y los animales venenosos.

3) Animal Diversity Web. (<http://animaldiversity.org/site/about/index.html>).

Se trata de una base de datos on-line de la historia natural de los animales, su distribución, clasificación y biología de la conservación. La misma se encuentra escrita en idioma inglés.

4) Identificador de Aves de Argentina. (http://www.avespampa.com.ar/Clave_Aves/index.htm).

Sito interactivo para la identificación de aves a partir caracteres morfológicos.

Autoevaluación

- 1) Le solicitan que proponga una región de Córdoba para realizar una reserva provincial. ¿Cuál seleccionaría teniendo como criterio la mayor riqueza de especies? ¿Qué grupo de vertebrados registrará con mayor abundancia? Justifique su respuesta.
- 2) Explique qué adaptaciones hacen posible cada una de las situaciones descriptas en los siguientes enunciados. (a) La alimentación en base a plancton del pejerrey. (b) La capacidad de los sapos para vivir lejos del agua. (c) La reproducción en tierra, lejos del agua, de los reptiles. (d) La detección de presas de sangre caliente por parte

de las víboras. (e) Ausencia de competencia entre patos y garzas que habitan en una misma laguna. (f) La captura de insectos en la noche por los murciélagos.

- 3) Esquematice dos cadenas tróficas de diferentes ambientes. Incluya los productores y al menos tres especies de vertebrados de Córdoba. Destaque alguna adaptación para el tipo de dieta que se menciona.
- 4) ¿Qué actividades humanas considera usted que tienen mayor incidencia negativa sobre la diversidad de vertebrados en la provincia de Córdoba?
- 5) Para conocer el estado poblacional de las especies de aves en un área de bosque serrano, ¿qué variables estimaría y a través de qué método las registraría?
- 6) ¿Qué especies de aves podría encontrar en el patio de un colegio en el centro de una ciudad y cuáles no podrían habitar allí? Mencione al menos dos ejemplos para cada caso y justifique su respuesta.

Sobre los autores



Los autores son docentes de la Cátedra de Diversidad Animal II de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Las Dras. María de los Ángeles Bistoni (izquierda) y Andrea Cecilia Hued (centro-derecha) son investigadoras del Instituto de Diversidad Animal

y Ecología (IDEA). Sus trabajos de investigación se focalizan en la ictiofauna, centrandos sus estudios en los últimos años en aspectos ecotoxicológicos. El Dr. Mariano Sironi (centro-izquierda) es Director Científico del Instituto de Conservación de Ballenas y su línea de investigación comprende diferentes aspectos de la biología de los cetáceos. El Dr. Ricardo Torres (derecha) centra sus estudios en modelos de distribución de aves y mamíferos neotropicales. E-mail: bistonimaria@gmail.com.

Capítulo 7. La construcción de la biodiversidad en clave cultural: Anclaje de saberes locales en el aula desde la perspectiva interdisciplinaria de la etnobiología

Gustavo J. Martínez

Universidad Nacional de Córdoba
Instituto de Antropología de Córdoba
(IDACOR), CONICET

Resumen

En este capítulo daremos cuenta de la importancia de la enseñanza de la biodiversidad situando los conocimientos acerca de los seres vivos y su entorno, en el marco cultural en el que éstos se portan, generan y construyen. Se considera para ello la estrecha relación e interdependencia entre diversidad biológica y cultural. Asimismo se ponen en consideración aspectos epistemológicos, conceptuales y metodológicos de la etnobiología, en tanto configuran un ámbito propicio para el tratamiento e inclusión de saberes locales. A su vez, se destaca la fecundidad de este campo interdisciplinario, para el desarrollo de propuestas educativas que permitan la construcción de múltiples miradas de la biodiversidad. A través de casos regionales se pone en evidencia la versatilidad de la etnobiología para una comprensión integral de problemáticas de conservación y uso sustentable de la biodiversidad. Se presentan aplicaciones de la etnobotánica para el trabajo áulico de contextos urbanos y rurales de Córdoba.

Conceptos clave: etnobiología, diversidad cultural, interdisciplinariedad, saberes locales.

Introducción

La etnobiología constituye un campo interdisciplinario de gran aplicabilidad y relevancia para el desarrollo de investigaciones y producciones acerca del conocimiento, uso, significación y manejo de los recursos naturales, así como para la formulación de políticas de con-

servación. En este trabajo pondremos de manifiesto la relevancia de la dimensión sociocultural de la diversidad, trazaremos su vinculación con la conservación y avanzaremos hacia el concepto de biodiversidad cultural, a la vez que dejaremos en evidencia la importancia de los saberes vernáculos locales. Por último, y en el marco de una reflexión epistemológica y metodológica acerca de la contextualización sociocultural de la enseñanza de las ciencias y la modalidad de trabajo en etnociencias, esbozaremos propuestas educativas que consideren la inclusión y convalidación de estos saberes, a la vez que abordaremos en las distintas temáticas expuestas, ejemplos de diferentes regiones de nuestro país.

1. ¿Qué importancia tiene considerar los aspectos socioculturales en la construcción del concepto de biodiversidad?

A lo largo de esta obra quedó evidenciada la amplitud del concepto de biodiversidad, con los diferentes niveles involucrados, así como la relevancia, estrategias y esfuerzos para su conservación. Sin embargo, y estrechamente ligado a esta noción, resulta menos conocida la *diversidad cultural*, a la que por lo general se la percibe desvinculada de esta práctica. Junto al creciente corpus teórico provisto por la ecología para comprender la biodiversidad, la antropología avanzó de la observación y registro de culturas exóticas, hacia la construcción de marcos teóricos que hoy permiten reconocer a la cultura como interlocutora entre la sociedad y la naturaleza.

Una evidencia de ello constituye el reconocimiento de cómo innumerables prácticas tradicionales de comunidades locales (indígenas, campesinas y otras) resultan ambientalmente sustentables en el manejo y uso de sus recursos naturales, y de la diversidad biológica en particular. Se constata asimismo, tal como lo señalan Luque Agraz y Doode Matsumoto (2009) que las zonas de mayor concentración de biodiversidad se encuentran habitadas por pueblos indígenas y que algunos endemismos biológicos tienen como correlato expresiones lingüísticas muy específicas que podrían considerarse *endemismos lingüísticos*. Por otra parte, diversos autores dan cuenta cómo la destrucción del hábitat nativo y la extinción de especies devienen en procesos de desorga-

nización comunitaria, en desarticulación de cosmovisiones, o en la desaparición de las lenguas indígenas, comprometiendo la continuidad de tradiciones y aún la supervivencia de pueblos enteros. En este sentido, los procesos antrópicos de globalización actúan promoviendo no sólo una homogenización de especies, sino también, un empobrecimiento cultural que se traduce en la reducción o extinción de prácticas, tecnologías, saberes y estrategias productivas y de vinculación tradicional con el entorno, todos ellos de importancia capital para la conservación de la diversidad biológica. De hecho, gran parte de la biodiversidad es generada y sostenida por comunidades de nativos e indígenas -actores relevantes en la agencia de la conservación- y sus territorios suelen constituir importantes reservorios fitogenéticos y culturales. Por citar algunos ejemplos locales, señalaremos cómo en Jujuy, los nativos identifican unos 23 etnotaxones de maíz (15 cultivados y 8 recordados correspondientes a 9 razas puras y 6 híbridadas, y tres variedades de la especie¹, y hasta 12 términos vernáculos diferentes por taxón); y en las yungas de Salta, alcanzan a los 25 taxones; todos ellos se escogen para uso ritual y alimenticio en preparados tradicionales como la chicha, las tistinchas, el piri o el tulpo (Hilgert, Zamudio, Furlan & Cariola, 2013; Ramos, Hilgert & Lambare, 2013). Asimismo se constató cómo el abandono de la actividad trashumante, la disminución de la actividad agrícola en distintos pisos altitudinales y la incorporación de productos alimenticios foráneos en zonas del NOA contribuyen a la disminución de tal riqueza. Consideraciones similares caben para el cultivo de mandiocas, ocas, quinoa y amaranto para otras regiones del país y América.

Lo anteriormente expuesto da cuenta de que los esfuerzos dirigidos hacia la conservación no alcanzarán suficiente consistencia en tanto mantengan disociados estos dos aspectos, ya que la preservación de la biodiversidad con frecuencia suele ir de la mano de la conservación de la diversidad cultural. Más aún, podría pensarse desde la antropología contemporánea, cómo la variedad de comunidades y cosmovisiones

¹ Los etnotaxones son las diferentes unidades de clasificación identificadas por los nativos, que pueden o no corresponderse con las especies en sentido “linneano”. Las variedades a las que nos referimos son: *Zea mays* var. *indurata* (con 2 razas y 3 mezclas), *Z. mays* var. *amylacea* (con 6 razas y 3 mezclas) y *Z. mays* var. *oryzaea* (con 1 raza) (Ramos, Hilgert & Lambare, 2013).

(cualquiera sea la raigambre cultural), adoptan diferentes modos de simbolización del entorno próximo. Esto se traduce en la vigencia de diversidad de modos de relación “sociedad–naturaleza”, cuyos postulados van desde una oposición dualista (como ocurre en nuestra cultura occidental), pasando por la existencia de delimitaciones entre naturaleza y cultura, y hasta la presencia de fronteras muy difusas o la inexistencia entre ellas (Descola & Pálsson, 1996).

Estas dos dimensiones de la conservación (biológica y cultural), de algún modo se encuentran condensadas en el concepto de *diversidad biocultural*, noción que comenzó a ser acuñada en el Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica (Gómez Benito, 1995). Puesto que trasciende las visiones reduccionistas y compartimentalizadas de los aspectos naturales y sociales, consideramos oportuno hacer uso de este término a lo largo del presente trabajo.

Queda así de manifiesto lo relevante que es pensar la conservación articulando las matrices disciplinarias de las ciencias naturales y sociales, mediante la interacción y el diálogo entre el conocimiento ecológico y antropológico, o entre los saberes locales del manejo de la biodiversidad y los de la ciencia occidental. En este sentido, las etnociencias, en particular la etnobiología y la etnoecología², proporcionan un campo teórico metodológico transdisciplinar fecundo para pensar y actuar la conservación y el desarrollo sustentable de los pueblos con amplitud, complejidad y holismo.

² Sanabria Diago (2011) realiza una revisión histórica de las conceptualizaciones acerca de la etnobotánica y Arenas y Martínez (2012) acerca de los enfoques metodológicos. A los fines de este trabajo la definiremos como “el campo de la ciencia que estudia las interrelaciones que se establecen entre el hombre y las plantas, a través del tiempo y en diferentes ambientes”, esto es, comprende el estudio e interpretación del conocimiento, significación cultural, manejo y usos tradicionales de los elementos de la flora.

2. ¿Qué campos del conocimiento permiten trabajar desde una mirada científica la inclusión de los saberes locales y cómo puede llevarse a cabo esta tarea?

La etnobotánica, al igual que otras etnociencias, aporta desde su peculiar perspectiva metodológica e interdisciplinar un ámbito privilegiado de diálogo, discusión, traducción y/o mutuo acercamiento entre el *conocimiento científico occidental* (CCO, habitualmente el único legitimado como “científico”) y el *conocimiento tradicional* (los saberes locales, folk, populares o ciencias vernáculas; esto es: la ciencia del “otro cultural”). El cuadro de la Figura 1 resume las principales distinciones y la polaridad entre una y otra forma de conocimiento en lo concerniente a sus características, cualidades, los modos más habituales de construcción, transmisión, el alcance y las formas de producción. Aunque CCO y el *conocimiento etnoecológico tradicional* (CET) son claramente diferentes, esto no significa que una aproximación es correcta y la otra equívoca; sino que ambas proveen información útil, por lo que lo ideal es integrar el CET y complementarlo con la ciencia occidental. En particular, la articulación o diálogo en torno a las problemáticas y saberes medioambientales desde la perspectiva del CET, redundará en aprendizajes socialmente situados y, por ende, más significativos en virtud de que ofrecen un campo temático con posibilidades de participación y compromiso. Desde la mirada de la etnobiología, el trabajo con saberes locales parte de la premisa de que éstos no constituyen sólo representaciones, creencias u opiniones, sino que conforman un verdadero corpus con una lógica y modo de construcción propia que puede ser visto como otra ciencia más, la ciencia del otro cultural o *etnociencia*, cuya validez y legitimidad deberían también repensarse.

Conocimiento Etnoecológico Tradicional (CET)	Conocimiento Científico Occidental (CCO)
Intuitivo	Analítico
Holístico e interpretativo	Reduccionista y predictivo
Oral (transmisión intergeneracional)	Escrito (Lógica de producción científica)
Conocimiento como forma de vida producido <i>al modo de un continuum</i> (datos generados por los mismos usuarios).	Conocimiento producido en forma <i>compartimentalizada y discreta</i> (generado por especialistas).
En los procesos de salud/enfermedad por ejemplo, involucran la <i>totalidad de las dimensiones de la persona</i> en su conjunto (<i>dimensión ecológica</i> de la salud) Ej: Las personas pueden enfermarse por la acción de entidades sobrenaturales (espirituales), transgresiones de normas, influjo del ambiente próximo y los seres que lo habitan, o por causas biológicas. El tratamiento requiere aspectos religiosos rituales junto al empleo de una farmacopea natural o la articulación de otros ámbitos, incluso el de la medicina oficial.	En los procesos de salud/enfermedad por ejemplo, involucran <i>dominios fragmentados de la persona</i> y generación de saberes especializados (<i>dimensión biomédica</i> de la salud) Ej: Las personas pueden enfermarse por la presencia de microorganismos o agente patógenos, o bien por desequilibrios psicofisiológicos. El tratamiento requiere prescribir un fármaco con principios activos específicos para combatir el agente causal.
Ambos son dinámicos en el tiempo	

Figura 1. Comparación entre formas de conocimientos articulados por las etnociencias.

En este sentido, existe diversidad de ejemplos en la historia de las ciencias que ponen de manifiesto cómo las observaciones de pueblos originarios resultaron pioneras en cuanto a la perspicacia y empirismo respecto de los saberes occidentales³.

El CET, entonces, tiene diferentes dimensiones; consta tanto de un “saber” como de un “conocer” y un “saber hacer”, por lo general se adquiere a través de la participación en rutinas culturales y la inmersión a un ecosistema humano local, se ancla en un esquema cognitivo compartido, y se transmite entre generaciones (especialmente de manera oral).

³ Para el caso, el antiguo término nativo *uta* fue empleado por las poblaciones de las Tierras Altas de Perú en el s. XVIII, para designar tanto a los síntomas de la leishmaniasis cutánea, como a uno de sus agentes vectores, los flebótomos, mucho antes de que la biomedicina estableciera esta relación en su corpus académico (Herndon et al., 2009).

Dicho de otra manera, los grupos perciben e interpretan a la naturaleza a través de sus representaciones, conocimientos y prácticas, o lo que algunos autores han dado en llamar el complejo *cosmovisión-corporis-praxis* (Toledo, 2001). Si consideramos la biodiversidad, el *cosmos* recopila las representaciones, mitos y ritos de especies y su relación con el medio ambiente. Por su parte el *corpus* se refiere al cúmulo de conocimientos que se encuentran de cada individuo o del colectivo grupal, por lo general no escrito y portador de un sistema cognitivo propio y desarrollado que se expresa en términos lingüísticos e idiosincráticos. Finalmente, en la dimensión de la *praxis* se localiza el conjunto de prácticas que se llevan a cabo durante la apropiación de los recursos naturales.

Para mayor claridad tomemos un ejemplo acerca de la provisión de alimentos del monte para subsistencia entre los aborígenes del Gran Chaco, la que se encuentra signada por la disponibilidad de los recursos naturales y por su variación estacional. En su *corpus* de saberes, los tobas (qom) del Impenetrable chaqueño delimitan periodos diferentes para el año en los que la subsistencia adquiere un matiz particular, ellos son, en lengua vernácula: vi'i, cotap, latomaxa y nahuoxo. La transición de una estación a otra, antes que estar regida por un calendario astronómico como el de nuestra cultura occidental, está marcada por indicios basados en la fenología de las plantas, por lo que varían en el tiempo de un año a otro. Así, vi'i es el periodo propio de la algarroba, que se inicia hacia fines de noviembre y diciembre y se prolonga durante la mayor parte de la estación de calor. El algarrobo negro o pantaic (*Prosopis nigra*), primero y luego el algarrobo blanco o mapik (*Prosopis alba*) son dos alimentos muy nutritivos que maduran por esta época. La dimensión de la *praxis* queda en evidencia en estos breves relatos recogidos en nuestro trabajo de campo:

Es el tiempo de gozo (refieren los nativos, ya que el alimento silvestre, pero también el cultivado es abundante). En vii viene el mes de noviembre y diciembre, cuando vemos florecer el algarrobo, nosotros por ejemplo siempre, o sea la gente a veces se emociona por florecer el algarrobo, porque ese viene diciembre...

En vii hacían danzas, bueno cuando hay algarroba danzan ellos, tiene su canto, el algarrobo tiene su canto, y bueno ellos están contentos porque hay algarroba, y bueno la algarroba puede secarse, secarla

al sol, hacer harina, se hace un tipo de turrón para darle a los chicos, dura como cinco meses, se guarda debajo de un corralcito con pasta abajo y ceniza para que no lo pique...n'arena se llama el tipo turrón, lo mezclás con harina de algarroba y después na'ala que es mistol.

Asimismo, el algarrobo o mapik constituye un árbol central en la *cosmovisión* qom, y de hecho aparece en diversidad de mitos: como lugar de reunión y deliberación de los personajes en los relatos cosmogónicos del origen de los tobas (acerca del surgimiento del pueblo a partir de la unión de los hombres-animales con las mujeres-estrellas). A su vez, su semilla regenera la vida cuando el Arco Iris ocasionó un diluvio extinguiendo una de las generaciones de la humanidad.

En este contexto, es importante reconocer que la investigación en etnobiología está atravesada en lo metodológico por la recopilación, análisis e interpretación de los saberes locales, proceso que puede pensarse como un ciclo interactivo y dinámico que abarca:

a) trabajo de campo (en un contexto comunitario, con documentación de especímenes y la implementación de técnicas y recursos para el registro de datos como entrevistas, encuestas, observación participante y otras);

b) trabajo de gabinete (centrado en la identificación de especies y en el análisis de los registros);

c) socialización y recirculación del conocimiento investigado en el marco de la comunidad donde se llevó a cabo la investigación (a través de diferentes estrategias de retorno o “devolución”, como elaboración de materiales de divulgación con criterio de interculturalidad).

La Figura 2 resume el Ciclo Interactivo Dinámico de una investigación en este campo del saber, así como algunos de los recursos y estrategias claves de estas etapas. Los detalles específicos de los métodos y técnicas, así como las fuentes de información de la etnobotánica exceden el alcance de este capítulo y pueden consultarse en manuales de etnobotánica y etnoecología (Martin, 1995), los que apelan tanto a herramientas de las ciencias naturales y como de las sociales.

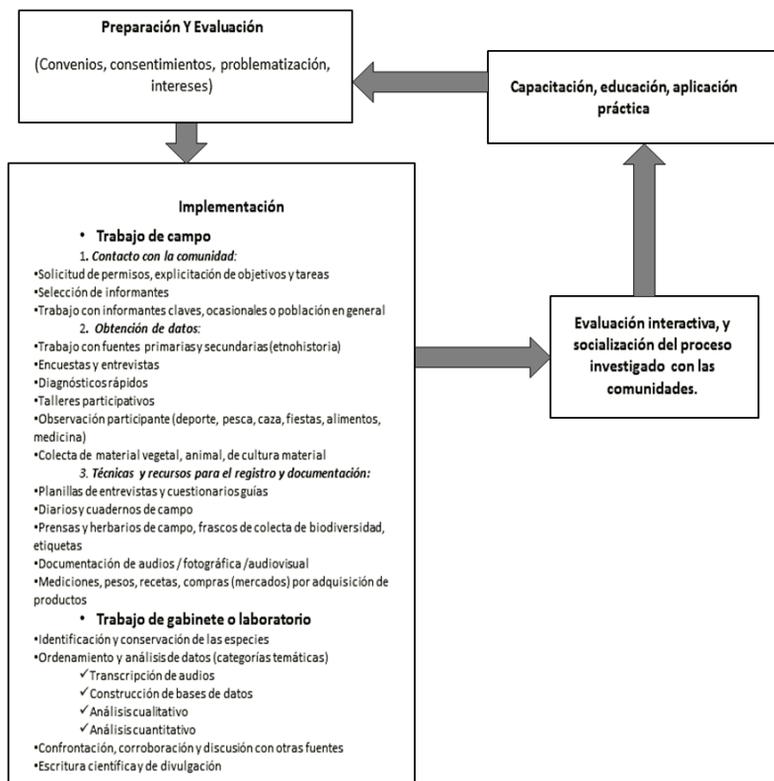


Figura 2. Ciclo Interactivo Dinámico de una investigación en etnobiología. Fuente: Elaboración propia, a partir del Principio 14 del Código de Ética de la Sociedad Internacional de Etnobiología, 2008. www.ethnobiology.net).

3. ¿Saberes locales, conocimientos ecológicos tradicionales o ideas previas? Relevancia de la educación científica intercultural

Durante más de 30 años la didáctica se ha abocado al estudio de la existencia de ideas sobre temas científicos previas al aprendizaje escolar, designadas de múltiples formas (preconceptos, preconcepciones, ideas previas, ideas alternativas, teorías implícitas, teorías ingenuas, ciencia de los niños, esquemas conceptuales alternativos, representaciones, concepciones alternativas). Asimismo, una pléyade de autores dio cuenta de la rigidez, la dificultad para su reformulación y el *obstáculo epistemológico* que suponen a la hora de construir conocimiento

científico académico. Este enfoque del constructivismo da cuenta de cómo los saberes locales pueden obstaculizar la construcción de aprendizajes científicos duraderos, con el riesgo de subvalorar el rol de éstos en tanto portadores de identidad. Por ello nos preguntamos si necesariamente para enseñar ciencias debemos hacer explícitos estas concepciones alternativas, sólo en orden a su posterior reformulación en términos académicos, de manera de producir una enculturación de la ciencia occidental en los sujetos de educación. En este sentido, consideramos oportuno pensar estrategias para reivindicar el sentido identitario de muchos de estos saberes locales portadores de un valor pragmático, simbólico e idiosincrático, y muchas veces estructurado al modo de una ciencia vernácula. Las corrientes de educación científica multicultural (Dumrauf & Menegaz, 2013) y las etnociencias vienen en auxilio, aportando esta contextualización sociocultural a las decisiones del currículum y a la reflexión del por qué y para qué enseñar (para el caso en estudio), la biodiversidad. Bajo este enfoque, debería ocuparnos por igual reformular una clasificación “errónea” de un murciélago en el grupo de las aves, como indagar las posibles razones y formas, términos vernáculos y la semántica que hacen que para un grupo cultural (o nuestros alumnos) este mamífero sea más asimilable al mundo de las aves (... ¿y por qué no ahondar si esconde esto una relación con el hecho de que este animal sea considerado impuro, defectuoso o aprensivo para unos y no para otros?). Consideramos que estas preguntas de índole antropológica, deberían abrir nuevas puertas a la enseñanza de la biodiversidad en el trabajo áulico y conducimos a la reflexión de que las categorías taxonómicas también son mudables en el tiempo y obedecen a diferentes momentos históricos, enfoques y criterios de resolución de la observación.

Pensar que estas deliberaciones sólo resultan válidas para contextos rurales o indígenas sería otra cuestión discutible. Por lo general en nuestras aulas la diversidad cultural se subestima (desconocemos la genealogías y raíces culturales de nuestros alumnos) o se estudia en clave de pasado remoto (cómo los aborígenes se vestían, comían y cazaban). Sin embargo, esta temática hoy cobra nueva relevancia, máxime si consideramos que Argentina se trata de un país multiétnico y pluricultural, en el que unas 600.000 personas se consideran pertenecientes y/o descendientes en primera generación de alguno de los 30 pueblos

indígenas reconocidos, según datos del INDEC de 2001. A ello debemos sumar que se vienen produciendo procesos de reemergencia étnica e identitaria aún en el seno de las grandes urbes, incluso en nuestra provincia⁴.

Esto nos pone de cara a considerar una *educación científica* basada en el *diálogo intercultural* como forma de hacer llegar la ciencia y la tecnología hacia distintas comunidades culturales en las que coexisten diferentes formas de construcción, apropiación y legitimación de conocimientos. Esta modalidad considera que la ciencia occidental es una entidad cultural en sí misma, una subcultura euro-americana, pudiendo o no estar en tensión con las identidades culturales de los estudiantes. Por ello se requiere vigilar los cambios culturales, las transiciones y cruces de frontera implicados en el paso del mundo y del saber cotidiano al científico (Dumrauf & Menegaz, 2013). Para el caso de la temática en análisis, es necesario pensar entonces en modalidades de enseñanza de la biodiversidad con nuevas trayectorias epistémicas y pedagógicas que resuelvan la inclusión, valorización y jerarquización de los saberes locales en un plano de igualdad de representación, respecto de los saberes académicos instituidos, que por lo general se imponen de manera hegemónica y sin mediación de diálogo o negociación. Uno de los caminos para hacer realidad esto que venimos exponiendo es la reformulación de nuestros modelos de enseñanza y aprendizaje, desde una perspectiva cultural (intercultural/multicultural). Se trata de generar una oportunidad para promover y entender las situaciones de enseñanza como negociaciones culturales, para conceptualizar a la ciencia y tecnología como construcciones culturales, a los aprendizajes científicos como aproximaciones cognitivas, y al ambiente como un emergente de la relación sociedad-naturaleza.

Proponemos en este sentido repensar nuestras prácticas de enseñanza de las ciencias a la luz de un *Modelo Dialógico Intercultural de educación científica* (Valladares Riveroll, 2011). El mismo se basa en un proceso de diálogo como interacción comunicativa que deviene en una “transformación identitaria” y en una aproximación pluralista a los conocimientos tradicionales que permite comprender dónde radica su legitimidad y, aún más, la otorga. Pone en el horizonte la educación

⁴ Por caso, en la provincia de Córdoba existen al presente unas once comunidades indígenas jurídicamente reconocidas (Zayat & Ferrer, 2011).

científica intercultural como oportunidad de transformación de las identidades y las prácticas sociales que cohesionan una comunidad cultural tradicional. Asimismo, permite reflexionar acerca de una educación científica integral que no sólo involucra la transmisión de conceptos, leyes y teorías científicas (podemos pensar aquí el corpus de los saberes locales), sino también las competencias, habilidades y actitudes vinculadas a la producción del conocimiento (las dimensión de praxis y cosmovisión). Si consideramos que la educación científica se define en función de lo que se quiere lograr en el alumnado (el aprendizaje de conocimientos y formas de pensamiento científico *per se*, capacitar para la responsabilidad ciudadana, para la toma de decisiones en cuestiones tecno-científicas, para fines humanísticos culturales, etc.), también podemos pensar desde este modelo la capacitación para el fortalecimiento de la identidad (reivindicar saberes y prácticas locales en tanto demarcadores de identidad), o como forma de empoderamiento de grupos sociales que reciben el impacto sociocultural y ambiental del desarrollo científico tecnológico. De esta manera, se promueve la reducción de desigualdades sociales, económicas y del acceso a la ciencia y tecnología, dando lugar a una educación más equitativa e interactiva, menos asimétrica y más pacífica, toda vez que desarma esquemas de violencia y dominación que se reproducen aún en el campo del aula y de la educación formal.

En suma, este modelo promueve el desarrollo de una relación pragmática con el saber, que considera el uso funcional del conocimiento. De esta manera se propicia que los alumnos se involucren con problemáticas regionales y comunitarias, y procuren discernir su respuesta a la luz del conocimiento o de procedimientos científicos, o bien mediante el empleo de los conocimientos tradicionales o de la propia “ciencia vernácula”, o de una síntesis entre ambos tipos de saberes, de manera que en el aula se produzca un verdadero encuentro con la diversidad epistemológica y un proceso de enculturación científica no alienante.

4. ¿Cómo contribuye la labor de investigación y educación en etnobiología a la conservación de los componentes y atributos de la biodiversidad, y al uso sustentable de los mismos?

Durante las últimas décadas, la etnobiología en general, y la etnobotánica en particular, adquirieron importancia científica por su interdisciplinariedad y aplicabilidad, especialmente en el desarrollo de procesos investigativos y productivos en los campos del conocimiento, uso, manejo y conservación de los recursos vegetales, y alcanzaron un rol protagónico en la formulación de políticas globales de conservación (Sanabria Diago, 2011). Esto ha sido plasmado en diferentes programas y proyectos de conservación desarrollados por importantes organizaciones internacionales, tales como el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) o la Convención Mundial de Patrimonio de la Unesco. La Meta 13 de la Estrategia Global para la Conservación de Especies Vegetales (EGCEV / GSPC), por ejemplo, reconoce las interrelaciones entre conservación de la biodiversidad, la diversidad cultural y el desarrollo sustentable al señalar cómo la desaparición de los recursos vegetales está asociada al conocimiento local y nativo y a las prácticas e innovaciones que soportan su sustento, alimento local y seguridad en salud. En este sentido, expondremos los aspectos centrales de la conservación en los que se hace ostensible el aporte de la etnobotánica, así como algunos ejemplos de interés para nuestro territorio:

- ♦ *Diversificación de los recursos vegetales*: Tanto los provenientes de plantas silvestres como domesticadas, sus variedades, sistemas de cultivos, centros de origen y difusión. Los grupos locales interactúan promoviendo el movimiento y dispersión de plantas útiles, la domesticación y la conservación de germoplasma. Para nuestra provincia de Córdoba existen estudios en curso acerca de la domesticación y cultivo de algunas especies aromáticas medicinales presionadas por la actividad extractiva con fines comerciales (Ojeda, Ordoñez & Chávez, 2006), como ocurre con la peperina (*Minthostachys verticillata*), el tomillo serrano (*Hedeoma multiflora*) y el incayuyo (*Lippia integrifolia*).

- ♦ *Acceso a recursos fitogenéticos*: Promoción de la conservación *in situ* de plantas silvestres incluso en áreas protegidas con la participación comunitaria, el desarrollo de un sistema de conservación *ex situ* (bancos de germoplasma, jardines botánicos, farmacias vivas, etc.) y la

promoción de tecnologías apropiadas de aprovechamiento y uso sustentable vinculados a la alimentación y la agricultura. Son numerosas las instituciones del país abocadas a la tarea de conservación *in situ* y *ex situ*, desde áreas protegidas a jardines botánicos (por la proximidad a la ciudad de Córdoba destacamos la importancia de la conservación de relictos de Espinal en la Reserva del Parque San Martín y en el Jardín Botánico de Córdoba, espacios aptos para la capacitación y el desarrollo de actividades interpretativas).

♦ *Promoción del conocimiento tradicional y de los beneficios sociales y de salud:* Incluye la selección, el uso y métodos de manejo que hacen los pueblos de sus plantas y la riqueza de conocimiento asociado a ella, ya que sus prácticas son importantes para la promoción de la conservación con criterio de sostenibilidad. En nuestro país existen al respecto experiencias interesantes en relación con el manejo del chaguar (*Bromelia urbaniana*), una planta textil que atraviesa la cosmovisión wichí y la producción artesanal de un buen número de comunidades indígenas del Gran Chaco. La revalorización de la producción de cestería con hojas de palma caranday (*Trithrinax campestris*) ha sido motivo de proyectos de extensión vinculados a la promoción del ecoturismo en comunidades campesinas del Valle de Copacabana en el NO de Córdoba. Diversidad de ONGs e institutos de desarrollos regionales se han focalizado en el fortalecimiento de la soberanía alimentaria promoviendo el uso y conservación genética de variedades y especies alimenticias (INCUPO, 1991, 1994). Tomemos por casos: el aprovechamiento de los Algarrobos (*Prosopis* spp.) en el Chaco Árido, de las ocas (*Oxalis tuberosa*) en el NOA, la promoción del cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa*) y del amaranto (*Amaranthus* spp.) en las regiones andinas sudamericanas, el empleo de los piñones de pehuén (*Araucaria araucana*) entre los habitantes de la Patagonia, el cultivo de las mandiocas (*Manihot* spp.) en el N y NEA, entre otros. El uso de los recursos florísticos medicinales y la producción de fitomedicamentos locales para la atención primaria de la salud constituye otro aporte singular que propicia un modelo de gestión autosustentable para la provisión de medicamentos a las personas que tienen poco acceso a la medicina oficial. En este sentido, y en el marco del proyecto “Cultivando salud”, se conocen experiencias de “farmacias vivas”, huertos domésticos medicinales y otras prácticas apropiadas de la salud desarrolladas con comunidades campesinas del NE de Argentina (Alonso, Desmarchelier & Golberg, 2007).

5. ¿Qué experiencias, casos locales o prácticas nos permiten ilustrar y poner de relieve la versatilidad educativa de la etnobiología?

Adherir y generar un cambio pedagógico didáctico de la envergadura que promueve el *Modelo de Educación Científica Intercultural*, conlleva un largo proceso de deconstrucción y reformulación de la práctica docente, más aun en contextos de cierta homogeneidad cultural como en el aula urbana. Sin embargo, podemos pensar una gradual reformulación de nuestras prácticas docentes a partir de la implementación de estrategias basadas en la modalidad de trabajo de las etnociencias, las que aportan al ámbito de lo procedimental y actitudinal.

Entre las instancias que proponemos en este trayecto señalaremos:

a) *Promover la recuperación, investigación y recirculación del conocimiento etnoecológico tradicional* mediante estrategias de indagación e inclusión de saberes locales. Por ejemplo, en un contexto urbano marginal o periurbano es posible comenzar a estudiar y conocer el mundo de las aves desde la mirada de los niños considerando la práctica habitual de la caza con honda⁵; esta puede a su vez articularse con los saberes de comunidades de niños rurales que hacen de ella una fuente de aprovisionamiento de recursos para complementar la subsistencia y un espacio lúdico y de aprendizaje de la etología de los animales, para avanzar luego en la reflexión acerca de la problemática de su uso y conservación. Se advierte así la importancia de revitalizar el *trabajo de campo* como ámbito para documentar y dar a conocer esos saberes. Asimismo, el empleo de registros observacionales en dibujos, diarios de campo, filmaciones o fotografías por parte de los mismos estudiantes arrojará una visión novedosa para los docentes en virtud de que éstos estarán atravesados por el filtro cultural de sus alumnos.

⁵ Al aproximarme informalmente a niños de las inmediaciones de La Calera, ciudad muy próxima a la capital cordobesa, me asombraron sus observaciones perspicaces acerca de los cambios recientes en la biodiversidad de aves y peces a partir de sus incursiones lúdicas de pesca o de sus actividades de ocio en las inmediaciones del río Suquía.

b) *Propiciar la emergencia de otras ciencias, la regionalización de contenidos y la puesta en discusión de la validez y/o valor de otros saberes y prácticas ajenas al campo académico.* En trabajos previos dimos cuenta cómo es posible articular y atravesar una gran parte de las disciplinas curriculares en torno a un proyecto de investigación o aprendizaje basado en saberes etnocientíficos locales, en la gran diversidad de tópicos de la etnobotánica (tintes naturales, alimentación, producción de artesanías, medicinas tradicionales, etc.) (Martínez, Planchuelo, Ojeda & Villalba, 2003).

c) *Otorgar mayor espacio a la reflexión y revisión de lo actitudinal, ético y valorativo respecto de los saberes tradicionales y científicos, analizando su origen, su valor patrimonial, formas de transmisión y apropiación, oportunidades que nos brindan, legitimidad.* Una de las herramientas más versátiles para la valoración de estas problemáticas y saberes es la *interpretación ambiental*. La misma ha demostrado ser de gran utilidad para la atención y educación de visitantes en las áreas naturales, reservas, museos, centros y otros recursos patrimoniales. Constituye asimismo un elemento fundamental de la Educación Ambiental puesto que promueve cambios en la disposición y actitud del público frente a los recursos naturales. Algunos ejemplos de experiencias nuestras trabajando con el segundo ciclo de escuelas rurales en torno a la temática de las hierbas medicinales y la conservación de áreas protegidas pueden consultarse en el trabajo de Luján, Martínez y Bárcena (2012) y Martínez (2013). En estos materiales ponemos de manifiesto el esfuerzo por revitalizar procesos socioculturales de transmisión entre generaciones en relación con el conocimiento y uso de la flora nativa medicinal, promoviendo su conservación en las sierras de Córdoba. Asimismo, se describen actividades, talleres y juegos en procura de hacer un uso más sustentable de los recursos medicinales nativos, tales como la creación de un “sendero turístico de interpretación”, de una “farmacia viva” y el diseño de una “botica serrana”, junto a la implementación de espacios participativos entre los actores locales e integrantes de las escuelas rurales.

6. ¿Qué aportes podemos realizar al trabajo áulico relacionados con la enseñanza de estos tópicos y enfoques en contextos urbanos y rurales?

Como cierre damos a conocer algunos otros tópicos de la etnobiología que pueden estudiarse sin necesidad de recurrir a un trabajo de campo distante o con comunidades rurales aborígenes o campesinas, tal como típicamente suelen llevarse a cabo estas investigaciones. Podríamos pensar estas temáticas para el contexto de escuelas urbanas o periurbanas:

- ◆ Estudios de horticultura urbana en pequeños productores (ej. cinturón verde de la ciudad de Córdoba). Uno de los temas a considerar es el aprovechamiento integral y sustentable de los recursos presentes de la agricultura familiar, espacio social en el que se reproducen tradiciones, conocimientos y prácticas peculiares (hortalizas, malezas comestibles, condimentos, etc.). Se propone a los alumnos la participación y organización de ferias agroecológicas y de alimentos.

- ◆ Investigaciones acerca de los huertos y espacios domésticos y peridomésticos como expresión de la vinculación de las familias con el mundo vegetal.

- ◆ Trabajo en mercados locales, en barrios con pluralismo cultural o indagando en las raigambres culturales y ascendientes en las familias de los alumnos. Elaboración de una feria de platos y recetas de colectividades con participación y entrevistas a miembros de las familias.

- ◆ Estudio de vendedores ambulantes y ferias mediante el análisis de muestras comerciales de plantas medicinales en relación con especies adulterantes, de uso oficial y popular, especies adelgazantes, plantas de uso ritual y simbólico.

- ◆ Incorporación del conocimiento etnobotánico a las efemérides y celebraciones patrias (ej.: alimentos criollos, las comidas en el cruce de los Andes, nombres y platos festivos de la Independencia sudamericana, soberanía alimentaria e ideario de revolución, revitalización del folklore y cancioneros populares relacionados con el entorno natural).

- ♦ Exploración en las familias acerca de las preferencias y saberes acerca de las medicinas alternativas de contextos urbanos (homeopatía, fitoterapia, dietas naturistas, etc.) y de adhesión o participación en cosmovisiones alternativas (amerindias, orientales, etc.) destacando resignificaciones introducidas en la valoración de algunas especies de la biodiversidad (ej.: plantas sagradas).
- ♦ Desarrollo de competencias vinculadas a la gestión y la práctica del Ecoturismo. Formación de guías locales, modalidades de turismo alternativo e interpretación ambiental. Participación en caminatas interpretativas. El disfrute de la flora y fauna nativa y el rol de los actores locales en relación con la conservación.

Referencias bibliográficas

- Alonso, J., Desmarchelier, C. & Golberg, H. (2007). Proyecto de atención primaria de la salud a base de fitomedicamentos en las provincias argentinas de Misiones Santa Fe y Buenos Aires, “Cultivando la Salud”. *Revista de Fitoterapia*, 7(1), 23-29.
- Arenas, P. & Martínez, G. J. (2012). Estudio etnobotánico en regiones áridas y semiáridas de Argentina y zonas limítrofes. Experiencias y reflexiones metodológicas de un grupo de investigación. En P. Arenas (Ed.), *Etnobotánica en zonas áridas y semiáridas del Cono Sur de Sudamérica* (pp. 11-43). Buenos Aires: Edición CEFYBO-CONICET.
- Descola, P. & Pálsson, G. (1996). *Naturaleza y Sociedad: Perspectivas antropológicas*. México: Siglo XXI.
- Dumrauf, A. & Menegaz, A. (2013). La construcción de un currículum intercultural a partir del diálogo de saberes: descripción y análisis de una experiencia de formación docente continua. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 85-109.
- Gómez Benito, C. (1995). Diversidad biológica, conocimiento local y desarrollo. *Agricultura y Sociedad*, 77(octubre-diciembre), 127-146.

- Herndon, C. N., Uiterloo, M., Uremaru, A., Plotkin, M. J., Emanuels-Smit, G. & Jitan, J. (2009). Disease concepts and treatment by tribal healers of an Amazonian forest culture. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 5, 27.
- Hilgert, N., Zamudio, F., Furlan, V. & Cariola, L. (2013). The key role of cultural preservation in maize diversity conservation in the Argentine Yungas. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2013. Extraído el 10 de Diciembre, 2014, en <http://www.hindawi.com/journals/ecam/2013/732760/cta/>.
- INCUPO. (1991). *El monte nos da comida 1*. Reconquista, Argentina: Instituto de Cultura Popular.
- INCUPO. (1994). *El monte nos da comida 2*. Reconquista, Argentina: Instituto de Cultura Popular.
- Luján, M. C., Martínez, G. J. & Bárcena Esquivel, B. (Eds.) (2012). *Entre hierbas y yuyos serranos. Actores, saberes y prácticas de la flora medicinal en las sierras de Córdoba*. Una experiencia en las inmediaciones del Dique Los Molinos. Córdoba, Argentina: Editorial Universidad Nacional de Córdoba.
- Luque Agraz, D. & Doode Matsumoto, S. (2009). Los comcáac (seri): hacia una diversidad biocultural del Golfo de California y estado de Sonora, México. *Estudios Sociales*, 17, 273-301.
- Martin, G. (1995). *Etnobotánica. Manual de Conservación*. Serie "Pueblos y Plantas". WWF-UK. UNESCO y Royal Botanic Gardens, Kew, Reino Unido. Montevideo, Uruguay: Ed. Nordan Comunidad.
- Martínez, G. J. (2013). Etnobotánica e interpretación ambiental: trayectos de un programa de extensión universitaria con los actores sociales de la flora medicinal de las Sierras de Córdoba (Argentina). *Revista de Educación en Biología*, 16(2), 100-119.
- Martínez, G. J., Planchuelo, A. M., Ojeda, M. S. & Villalba, P. (2003). Aporte de las etnociencias a la regionalización de la Curricula de las escuelas rurales: Una propuesta de valoración del conocimiento etnobotánico local en Paravachasca y Calamuchita, Provincia de Córdoba. *Revista de Educación en Biología*, 6(2), 19-28.

- Ojeda, M., Ordóñez, A. & Chávez, G. (2006). *La peperina, hacia su cultivo sustentable*. Córdoba, Argentina: Sigma.
- Ramos, R., Hilgert, N. I. & Lambare, D. (2013). Agricultura tradicional y riqueza de maíces (*Zea mays*). Estudio de Caso en Caspalá, provincia de Jujuy, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 48(3-4), 607-621.
- Sanabria Diago, O. (2011). La etnobotánica y su contribución a la conservación de los recursos naturales y el conocimiento tradicional. En S. Lagos-Witte, D. Sanabria, P. O.L.- Chacón & R. García (Eds.), *Manual de Herramientas etnobotánicas relativas a la Conservación y uso sostenible de los recursos vegetales*. Santiago: Red Latinoamericana de Botánica.
- Toledo, V. M. (2001). Biodiversity and indigenous peoples. En S. Levin et al. (Eds), *Encyclopedia of Biodiversity*, vol. 3 (pp. 1181-1197). New York: Academic Press.
- Valladares Riveroll, L. (2011). Un modelo dialógico intercultural de educación científica. *Cuadernos Interculturales*, 9(16), 119-134.
- Zayat, P. & Ferrer, M. (2011). *¡Eureka! Hay Aborígenes en Córdoba. Practi-pensando la interculturalidad en la ciudad*. Córdoba, Argentina: Ed. del autor.

Lecturas recomendadas

1) Colectivo Relatos del Viento. (2010). *Relatos del Viento. Revalorización de la tradición oral del Norte cordobés*. Córdoba, Argentina: Ed. Relatos del Viento.

Material documental folklórico, con testimonios de saberes locales de pobladores rurales de Córdoba (leyendas, sabidurías, pasado originario, medicina natural y popular, rituales, recetas con productos del monte y otros).

2) Minervini, M. & López e Izaguirre, M. E. (2012). *Lagunas del Desierto. El valor de la naturaleza oculto en la identidad de su gente. Manual Educativo Ambiental de las Lagunas Guanacache, del De-*

saguadero y del Bebedero. Córdoba, Argentina: Administración de Parques Nacionales.

Este libro didáctico integra conocimientos académicos de la biodiversidad regional y saberes locales, en el marco de propuestas educativas regionalizadas en la región de Cuyo.

3) Pérez, I. (2004). *¿Desde dónde hablan los saberes locales? Sustentabilidad, conservación y conocimiento de la flora medicinal del Cono Sur*. Temuco: Editorial Virtual.

Un libro sencillo y ameno con ejemplos concretos de trabajo con el conocimiento vernáculo de plantas medicinales.

Sitios web recomendados

1) *Red Temática de Investigación sobre Etnoecología y Patrimonio Biocultural de México*. (http://etnoecologia.uv.mx/Red_Introduccion_iframe.html).

Un modelo académico que procura la articulación entre sus investigadores, el vínculo con las comunidades y las instituciones procura el conocimiento, la revaloración y la defensa del patrimonio biocultural.

2) *Proyecto Cultivando Salud*. (<http://www.fitoterapia.net/revista/pdf/RF7-1-Cultivando-salud.pdf>).

Constituye un proyecto ejemplar de producción de fitomedicamentos destinados al fortalecimiento de la salud de comunidades rurales desde la perspectiva de la Atención Primaria de la Salud.

3) *Instituto de Cultura Popular (INCUPO)*. (<http://incupo.org.ar>).

ONG abocada el trabajo y revalorización de los saberes locales para la consolidación de la cultura campesina y el cuidado del monte nativo. Con material educativo radial y escrito disponible.

Autoevaluación

- 1) Describir la significación, valor y uso de una especie animal y/o vegetal para un grupo cultural específico de su provincia y/o país. Procure identificar aspectos de la cosmovisión, corpus y praxis de sus saberes locales en relación con la misma.
- 2) Realice una revisión bibliográfica o estudios de caso de su provincia o país, en los que se ponga de manifiesto la relación entre mantenimiento de la diversidad biológica y cultural en torno al uso, manejo y domesticación de alguna especie silvestre y/o cultivada de relevancia social.
- 3) Elabore una red conceptual considerando los aspectos epistemológicos, metodológicos-didácticos y socioculturales que aporta el modo de trabajo de la etnobiología para el aprendizaje áulico de la biodiversidad.
- 4) Construya un breve texto argumentativo en el que se pongan de manifiesto la relevancia y el valor de los saberes locales en una educación que contemple el respeto por la diversidad cultural.

Sobre el autor



Gustavo J. Martínez es egresado de las carreras de Ciencias Biológicas y Profesorado (FCEfYN; UNC), Magister Mención Recursos Naturales y Doctor en Ciencias Agropecuarias (FCA; UNC). Desarrolló tareas educativas en Institutos Superiores de Formación Docente de Córdoba, dictando cursos, talleres y conferencias sobre ambiente, salud y educación. En la actualidad se desempeña como Investigador Adjunto del CONICET en el Museo de Antropología (FFyH; UNC) - IDACOR (Conicet), ámbito en el que realiza investigaciones interdisciplinarias en el campo de la etnobotánica y la etnoecología. Sus artículos –publicados en revistas de Botánica, Antropología y Ecología- tratan acerca de la conservación, uso, significación y rol de la biodiversidad en la medicina de los campesinos y aborígenes del centro y norte de Argentina. E-mail: medicinalesparavachasca@gmail.com

Capítulo 8. Los aportes de la bioética para la conservación de la biodiversidad

César Crivello

Colegio de Psicólogos de Córdoba

Secretario del Tribunal de Ética

Resumen

La bioética es una rama de la ética que se aplica a las ciencias de la vida. Esta disciplina actualmente ha comenzado a expandir su campo de estudio y acción, incluyendo cuestiones relacionadas a la calidad de vida humana, la finitud de los recursos naturales y la preservación de la biodiversidad, entre otros. En consecuencia, el principal aporte de la bioética, a través de sus postulados, es el de destacar como valor moral de nuestros tiempos la *importancia de la biodiversidad y su conservación*. El objetivo del presente trabajo será entonces introducir brevemente al lector en la temática bioética y aportar elementos básicos para la deliberación de estas problemáticas.

Conceptos clave: bioética, biodiversidad, deliberación, comité, bioética de la intervención.

Introducción

El presente capítulo tiene como propósito principal desarrollar los aportes de la bioética a la discusión respecto del valor de la biodiversidad y su conservación. Por consiguiente, se desarrollarán sus conceptos y postulados, tanto como las posibles modalidades de trabajo y órganos de conformación. Además se hará mención de algunas herramientas para el trabajo áulico del tema, tomando a la deliberación como primordial estrategia para la realidad educativa.

1. ¿Qué es la bioética y qué líneas de trabajo se orientan hacia la Biología?

La definición mayormente difundida de la bioética es aquella que la caracteriza como una rama de la ética que “se dedica a estudiar las acciones técnicas del hombre en el contexto de la biomedicina, es decir, en el ejercicio de las profesiones sanitarias y de la biología. Estas actuaciones tienen en común que afectan al hombre y a otros seres vivos” (Pardo, 2010, p. 19).

La bioética es un término acuñado en 1971 por el oncólogo norteamericano V. R. Potter, quien asocia sus dos términos más importantes: *bio* “para representar el conocimiento biológico, por lo tanto la ciencia de los sistemas vivientes (...)” y *ética* “para representar el conocimiento de los sistemas de valores humanos” (Aramini, 2007, p. 8). Para Potter (1975 citado en Aramini, 2007), la tarea de la bioética debía ser la de investigar y reflexionar sobre el desarrollo tecnológico con el fin de analizar sus efectos sobre el hombre, sobre las cuestiones decisivas de la vida humana, sobre las relaciones sociales y sobre los problemas de la justicia. Este análisis haría comprender cómo opera el desarrollo tecnológico, a dónde conduce y, sobre todo, cómo orientarlo hacia los propósitos y significados que el hombre se proponga.

El término “bioética” tuvo una rápida aceptación en los ámbitos académicos y científicos del país, siendo su mayor apogeo la década de los años setenta y ochenta del siglo XX. En el año 1979, más precisamente, la bioética tuvo un importante resurgimiento a nivel mundial. Por esos años salieron a la luz numerosas denuncias sobre abusos cometidos durante la segunda guerra mundial contra sujetos humanos en experimentos biomédicos, especialmente con prisioneros de los campos de concentración nazis, y, contemporáneamente, hechos de igual naturaleza cometidos con la población negra de los Estados Unidos de Norteamérica (Comisión Nacional para la Protección de los Sujetos Humanos de Investigación Biomédica y Comportamental, 1979). El gobierno de este país ordenó la conformación de una comisión encargada de elaborar una propuesta para afrontar dichas aberraciones. Como resultado nace el *informe Belmont*, que formula una serie de principios (*beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia*) que orientarán las investigaciones principalmente en el campo biomédico, a la vez que

tendrán suma injerencia en discusiones bioéticas controvertidas como la eutanasia, el aborto, la fertilización *in vitro*, la clonación y la manipulación genética, entre otras.

Los principales referentes que desarrollarán el uso sistemático de los principios del *informe Belmont* son Tom Beauchamp y James Childress, sobre todo en Estados Unidos. Esta línea de trabajo llevará el nombre de *Principlismo* y tendrá una enorme influencia a nivel mundial en el desarrollo de reglas y normas, con pretensión de universalidad, para la investigación con seres humanos (Aramini, 2007).

Hacia fines del siglo XX aparecen algunas voces discordantes en relación con la postura principlista de origen estadounidense, especialmente por su inadecuación e insuficiencia para analizar y dar respuesta a los macroproblemas en países llamados periféricos de la mitad sur del planeta. La bioética hasta entonces había trillado caminos que apuntaban mayoritariamente a resolver temas y problemas/conflictos biomédicos de orden individual, relegando las cuestiones globales - colectivas. En este sentido, “la teoría principlista se mostraba incapaz de desvendar, entender e intervenir en las estrepitosas disparidades socioeconómicas y sanitarias colectivas y persistentes, verificadas cotidianamente en la mayoría de los países pobres del hemisferio sur” (Garrafa & Osório de Azambuja, 2009, p. 80).

La disciplina comenzó así a expandir su campo de estudio y acción, incluyendo las problemáticas relacionadas a la calidad de vida humana, la finitud de los recursos naturales, los alimentos transgénicos, la cuestión de las prioridades en el destino de recursos escasos, la preservación de la biodiversidad, etc. Estas cuestiones actualmente atraviesan ampliamente las discusiones bioéticas dada la magnitud y masividad de sus consecuencias.

En este contexto, es importante destacar que el principal órgano de trabajo en bioética es el *comité de bioética*, que puede funcionar en centros de salud, de investigación, educativos o profesionales. Sus funciones son diversas, pero en la mayoría de las veces implica la evaluación de protocolos de investigación, de procedimientos, análisis de casos conflictivos y propuestas de intervención, entre otros. Generalmente son constituidos por representantes de diversas disciplinas y sectores

de la comunidad. El principal método que se utiliza en los comités es la *deliberación* de casos o situaciones problemáticas de índole bioético. En esta oportunidad tomamos el concepto aludido por Brussino (2012), quien entiende por *deliberación* “pesar o balancear” razonadamente el pro y el contra de una decisión a tomar; vale decir, evaluar los motivos que tenemos para hacer o dejar de hacer una cosa. El resultado es siempre una *decisión*, lo que la diferencia de una mera conversación o intercambio de ideas, pues una deliberación conlleva, invariablemente, una decisión.

2. ¿Cuál es el aporte que hace la bioética a la conservación de la diversidad biológica?

En el año 1992, en la Ciudad de Río de Janeiro, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) promulgó el convenio sobre la diversidad biológica. Allí se define por *diversidad biológica* o *biodiversidad* a la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (ONU, 1992).

Entre los objetivos del Convenio, al que adhieren 193 países miembros, encontramos la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.

Resumidamente, Enkerlin, Cano, Garza y Vogel (1997) definen las incumbencias de este convenio:

- ◆ Identificar los componentes de la diversidad biológica que sean importantes para su conservación y utilización sostenible, y vigilar las actividades que pudiesen tener consecuencias perjudiciales para esa diversidad;
- ◆ formular estrategias, planes y programas nacionales destinados a la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica;

- ♦ integrar la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en la planificación y la adopción de decisiones;
- ♦ recurrir a los medios de comunicación y a programas educativos para fomentar la concientización del público con respecto a la importancia de la diversidad biológica y de la adopción de las medidas para preservarla;
- ♦ promulgar leyes para proteger especies en peligro, establecer mecanismos de zonas protegidas para conservar la diversidad biológica y fomentar en las áreas adyacentes modalidades de desarrollo racionales desde el punto de vista ecológico;
- ♦ rehabilitar y restaurar ecosistemas degradados, y promover la recuperación de especies amenazadas, ayudando a las comunidades locales a concebir y ejecutar planes con estos propósitos;
- ♦ establecer medios para controlar los riesgos derivados de la modificación de organismos mediante la biotecnología;
- ♦ realizar estudios de impacto ambiental, con participación de la población, en el caso de proyectos que pudiesen atentar contra la diversidad biológica, a fin de evitar o reducir a un mínimo los riesgos; e
- ♦ impedir que se introduzcan, controlar, o erradicar las especies ajenas que amenacen ecosistemas, hábitats o especies autóctonos.

En tanto tratado internacional, el Convenio es jurídicamente vinculante, lo que establece un conjunto de derechos y obligaciones a los estados, que deben ser respetados y que, caso contrario, pueden ser objetados ante una corte supranacional. Sin embargo, es importante aclarar que no tiene el estatus de ley, por lo que los estados miembros conservan la soberanía sobre sus recursos naturales. Aun así, pueden ser objeto de cuestionamiento por miembros de la ONU y por ello son jurídicamente vinculantes. En consecuencia, los Estados deben dar una respuesta acabada de las acciones implementadas en materia de gobierno, legislación, educación, etc.

En conformidad con lo mencionado en la declaración de Bioética y Derechos humanos, el sentido principal y éticamente destacable de este convenio es el mensaje concluyente en cuanto a defender el *valor*

intrínseco de la diversidad biológica y de los valores ecológicos. A su vez, se destaca la inclusión de *todos* los organismos dentro de esta definición. Así se amplía el interés en proteger a cualquier especie, y no sólo a los animales o a aquellas “domesticadas” o “cultivadas”, sobre las que generalmente cae la mirada de los seres humanos. Un ejemplo de ello es la inequidad en la distribución de recursos económicos y científicos en el estudio y protección de especies en peligro de extinción. En este contexto, y por diversos factores que se delinearán en este libro, es habitual encontrar una mayor propensión al cuidado de especies con rasgos afines a la sensibilidad humana (como es el caso del oso panda o del koala, por mencionar algunos ejemplos internacionales).

Por otra parte, y en consonancia con la expansión de la bioética, el 19 de octubre de 2005 la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) aprobó la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos (UNESCO, 2005). Este documento va dirigido a los estados, impartiendo una orientación para las decisiones o prácticas de individuos, grupos, comunidades, instituciones y empresas públicas y privadas. El principal aporte, en tal sentido, es la proclamación como principio de la bioética de la “protección del medio ambiente, la biosfera y la biodiversidad”. En su art. 17 dice:

Se habrán de tener debidamente en cuenta la interconexión entre los seres humanos y las demás formas de vida, la importancia de un acceso apropiado a los recursos biológicos y genéticos y su utilización, el respeto del saber tradicional y el papel de los seres humanos en la protección del medio ambiente, la biosfera y la biodiversidad. (UNESCO, 2005, Artículo 17)

A su vez, a través de sus estados miembros, pone en marcha una serie de medidas tendientes a instrumentar estos principios con las adecuaciones correspondientes en materia de legislación, educación, difusión e información pública. El principal aporte de la bioética a través de estos postulados es el de destacar como *valor moral* de nuestros tiempos la *importancia de la biodiversidad y su conservación*, reconociendo la necesidad y conveniencia de que los principios deban ser las respuestas a las numerosas controversias que la ciencia y la tecnología plantean a la especie humana y al medio ambiente.

3. ¿Cómo el discurso bioético puede generar aportes para entender los problemas ambientales actuales?

A continuación ejemplificaremos sobre los aportes de la bioética al debate por la defensa de la conservación de la biodiversidad. La intención es destacar cómo en la discusión pública sobre los problemas vinculados con la vida de las personas la bioética se posiciona visiblemente en la defensa de la biodiversidad como valor.

En el año 2012 una empresa multinacional productora de agroquímicos y semillas transgénicas anunció un proyecto de radicación en la localidad de Malvinas Argentinas (Provincia de Córdoba, Argentina). La obra tendría características inéditas y sería una de las más grandes del mundo. Esta planta, que en la actualidad se encuentra en proceso de reelaboración del estudio de impacto ambiental original, acondicionará semillas de maíz, no destinadas al consumo, que serán adquiridas por los productores de granos. Luego, éstos pueden ser utilizados para la producción de alimentos, biocombustibles, etc.

La radicación desde su anuncio generó fuertes controversias sobre todo en los habitantes de la localidad. Un amplio sector entiende que no han sido debidamente consultados al respecto, a la vez que generan importantes “alertas” referidas a los riesgos de un emprendimiento de este tipo para la salud de los seres vivos y del ambiente.

Así, en noviembre de 2013 el Centro de Bioética de la Universidad Católica de Córdoba (Argentina) emitió un comunicado apoyando la resistencia de los vecinos, asumiéndolo como un *problema bioético*, debido a las implicancias para la vida y la salud de las personas involucradas. Expresamente manifestaron:

Nuestra posición fundamental, como académicos y vecinos, es clara: Desde la Bioética, trabajamos por el cuidado y la protección de la vida, en especial allí donde está más amenazada (...) Creemos que pueden promoverse avances en el agro de muchas maneras más soberanas que beneficiando a estas empresas. Pesan hondas sospechas sobre la misma, dada su trayectoria histórica vinculada inexorablemente a la imposición de paquetes bio-tecnológicos ligados a los grandes intereses de mercado. El tipo de agricultura que se propone es el de la cuestionada “*Revolución Verde*”: más monocultivos y dependencia, menos biodiversidad y soberanía alimenticia. (Centro de Bioética de la Universidad Católica de Córdoba, 2013, parra 1-5)

En este ejemplo, se pone de manifiesto cómo el discurso bioético puede generar aportes interesantes para entender los problemas actuales de la humanidad. Es en la tensión existente entre la moral de mercado y seguridad alimentaria donde se centran las discusiones actuales. De modo más general, la producción de manera intensiva del ganado vacuno, el engorde a corral o “Feedlot”, por ejemplo, reflejan el avance tecnológico focalizado en la producción de alimentos.

Podemos pensar entonces otra situación donde se expresa el mismo tipo de tensión *mercado-seguridad alimentaria*: el mal de la vaca loca. Esta enfermedad, conocida técnicamente como “encefalopatía espongiiforme bovina” (EEB) es un trastorno neurodegenerativo de bovinos que lleva a la muerte del animal. La vía de transmisión, proceso que deseamos subrayar, es la ingestión de alimentos contaminados y la administración de fármacos provenientes de animales enfermos (como hormonas para promover el crecimiento). Luego de acaloradas discusiones, los científicos parecen haber llegado a un consenso al aceptar que la aparición de esta enfermedad estuvo determinada por la alimentación suplementaria del ganado bovino con restos de ganado ovino y caprino. Más tarde, en el humano se detectó una nueva enfermedad, variante de la Enfermedad de Creutzfeldt-Jakob, que se relacionó con la epidemia de EEB en el ganado vacuno.

Según Sylvan (2001), para responder de manera elemental a la pregunta de por qué se originó la enfermedad podemos decir que la agroindustria decidió ignorar siglos de experiencia que sostienen que los *herbívoros* deben hacer exactamente eso: “alimentarse de hierbas”¹. Alimentar herbívoros con productos derivados de la carne puede ser beneficioso para la agricultura desde la perspectiva de fondo del negocio de la agroindustria, pero puede constituirse en una actividad peligrosa. En su momento, la industria adoptó una postura en oposición a los cuestionamientos de la opinión pública y los gobiernos, argumentando que:

¹ Herbívoro: del lat. *herba*, hierba, y *-voro*). “Voro”: del lat. *-vorus*, significa ‘devorador’, ‘que come’.

El comercio no debe ser ralentizado mientras se demuestre que todo es seguro o, a un nivel más sofisticado, que no hay razón para que un producto o proceso sea restringido hasta que no se haya demostrado que no es peligroso... una posición básicamente anti-precautoria. Extremando las cosas, se argumenta que las naciones no tienen derecho a proteger a sus ciudadanos a menos que se demuestre concluyentemente el riesgo y que el costo que implica demostrar las fallas de seguridad no recaiga sobre los que proponen la tecnología sino sobre el Estado, que busca la protección ciudadana. (Sylvan, 2001, p. 215)

Aquí el debate se circunscribe en torno a la aparición de nuevas tecnologías en la producción alimentaria y, en tal sentido, existen ciertas cuestiones morales que incumben a la bioética y a la biodiversidad: ¿La vida puede llegar a ser una propiedad comercial? ¿Podemos crear organismos transgénicos? ¿Quién defiende a la naturaleza? ¿Cómo aseguramos una alimentación saludable y segura y al mismo tiempo accesible a la población mundial?

4. ¿Cómo se adaptan y enriquecen los discursos de la bioética según la gestión escolar?

En Argentina, debido a que las escuelas privadas mayoritariamente profesan la religión católica, puede pensarse que el abordaje desde la bioética sólo se circunscribe a estas instituciones, siendo inapropiado en las escuelas laicas. Aunque muchas veces se asocia la bioética a los discursos relacionados tradicionalmente con la religión (como el aborto y la eutanasia), la bioética se nutre de distintos posicionamientos y sectores de la sociedad, incluido, aunque no exclusivamente, el religioso – católico. Es así que la *deliberación* en bioética incorpora diversos posicionamientos y valores, tanto morales como religiosos, civiles y legales. Es por ello que en la práctica habitual de un comité de bioética sea necesaria la participación interdisciplinaria que aporte a la discusión las distintas visiones. Ahora bien, debe quedar claro que la contribución que pueda realizar la perspectiva religiosa de los asuntos a tratar es una visión que no predomina sobre otras. En algunos casos, los valores que defiende un credo o religión no son compartidos por otros sectores de la ciudadanía. En consecuencia, deben ser contemplados evitando la suposición de que esos valores cuentan con adhesión general para todos los problemas a analizar.

En este sentido la *Bioética de la intervención con enfoque social*, con desarrollo en Latinoamérica, defiende la contextualización de los problemas, vale decir, la no imposición de valores universales en pos de la defensa de los locales. Estos últimos pueden coincidir con los valores religiosos; de igual manera, el enfoque social buscará siempre soluciones viables y prácticas para los conflictos identificados con el propio contexto donde estos ocurren (Garrafa & Porto, 2008).

5. ¿Qué recursos puedo utilizar para enseñar bioética en distintas problemáticas ambientales?

Como dijimos en la primera pregunta, el método principal en Bioética para la toma de decisiones es la *deliberación*:

Deliberar sobre valores tiene como condición de posibilidad que estemos convencidos (contra toda forma de fundamentalismo) de que nadie es humanamente depositario de verdades absolutas que se impongan a todos con la misma evidencia. La horizontalidad del discurso es esencial a la hora de debatir puntos de vistas morales, donde la autoridad no la tienen los expertos (ni científicos, ni filósofos... ¡ni profesores de ética!) sino que se ganan en el terreno de la razonabilidad de los argumentos y de la capacidad para escuchar y respetar las posiciones ajenas. (Brussino, 2012, p. 41)

Siguiendo los lineamientos de Brussino (2012), la tendencia habitual es el considerar a la *deliberación* como *dilematismo*, esto es pensar que sólo hay dos soluciones posibles para los conflictos morales y que la elección de una de ellas como correcta implica *per se* el rechazo de la otra como incorrecta. En cambio, la *propuesta bioética* supone el tratamiento de los problemas morales en un registro diferente. En este sentido, son los problemas más que los dilemas los que nos permiten acceder a la complejidad del fenómeno moral sin perder la riqueza de matices y variaciones, esenciales para su adecuada tematización. De hecho, tal como afirma Brussino:

Los problemas son cuestiones abiertas que no sabemos si seremos capaces de resolver, ni cómo. La solución no está presente desde el principio y, por tanto, la cuestión no está en la elección entre dos o más posibles respuestas, sino en la búsqueda de una respuesta propia y adecuada. (p. 46)

Cierto es que en nuestros tiempos la creación de un clima propicio para llevar adelante un *proceso deliberativo* puede no resultar fácil, sobre todo en cuanto a poder sostener argumentos sin que los mismos estén atravesados por aspectos afectivos, de carácter o personalidad. Por ejemplo, la afinidad o la antipatía entre dos o más personas pueden tener mayor incidencia que la deseada a la hora de deliberar. El desafío se encuentra precisamente en aprender (docente y alumnos) a reconocer estos aspectos y a verbalizarlos pacíficamente. En el proceso deliberativo se trata de descubrirse, de explorarse, de ver las razones que hacen aceptable la perspectiva de los demás y de dudar de las propias; en definitiva, a través del diálogo se percibe de verdad a los demás y se duda de los propios enfoques.

Resulta conveniente entonces que el docente conduzca el proceso deliberativo referido a cuestiones bioéticas ayudando a los alumnos a contrastar sus intuiciones corrientes y prejuicios, despejando las habituales divisiones del mundo en buenos (ellos mismos) y malos (los demás). En suma, el profesor deberá señalar aquellos “vicios” que suelen aparecer y que no son buenos compañeros al momento de tomar una decisión, contribuyendo para ello a la virtud oral de la veracidad y fiabilidad (Brussino, 2012).

En este contexto, el basamento de su tarea docente reside en lo que se ha llamado *pedagogía de la pregunta*, la que apunta a un pensar y reflexionar colectiva y cooperativamente la realidad para problematizarla. Tomamos aquí los aportes de Jiménez-Aleixandre (2008) para la definir *argumentación* como la evaluación de los enunciados de conocimiento a la luz de las pruebas disponibles. Argumentar también lleva a tratar de convencer a la audiencia, por lo que pone de relieve la importancia de las prácticas discursivas en la construcción del conocimiento. *Hacer y hablar ciencias* implica no solo el trabajo experimental y la modelización teórica, sino también proponer la discusión y evaluación de ideas y datos en base a las evidencias disponibles.

La *pedagogía de la pregunta* también es una estrategia para evitar que los alumnos se sometan acríticamente a las tradiciones, a la autoridad, a las presiones de sus pares y a formas de heteronomía que suelen tener gran influencia. Especialmente entre los adultos, estas modalidades se constituyen frecuentemente en formas *no evidentes* de imponer valores o moralidades a la hora de tomar decisiones (Brussino, 2012).

Pensando en la tarea docente, una serie de axiomas fueron propuestos por Vidal (2012) para el trabajo con problemas bioéticos en distintos contextos. Éstos son:

- ◆ Acompañar el proceso dialógico: interrogar y cuestionar.
- ◆ Proponer normas para el diálogo democrático y hacerlas ejercitar todo el tiempo.
- ◆ Establecer junto con el grupo los caminos para identificar valores (comenzando por el descubrir).
- ◆ Aportar las formas de un indagar conocimiento nuevo (métodos y fuentes de búsqueda).
- ◆ Brindar conocimientos teóricos, si es necesario a través de clases o de intervenciones.
- ◆ Promover el debate sobre la priorización de los problemas.
- ◆ Invitar a identificar las posibles vías de solución.
- ◆ Interrogar sobre la justificación de las alternativas (*argumentación*).
- ◆ Promover la argumentación para la defensa pública.

Por último, a la hora de revisar nuestras prácticas áulicas y replantear las estrategias de enseñanza, Brussino (2012) propone una serie de variables a tener en cuenta para reflexionar sobre la ejecución del *proceso deliberativo*. Invitamos a los docentes a poner en práctica este proceso, evaluando que:

- ◆ todos los participantes hayan tenido la misma oportunidad de tomar la palabra, de introducir temas, de contribuir a la discusión, de realizar propuestas y críticas;
- ◆ todos los participantes hayan tenido la misma oportunidad de mejorar su competencia argumentativa (utilizando el lenguaje de modo que resulte inteligible para los demás, dando razones que respalden sus pretensiones, encadenando lógicamente los argumentos, identificando falacias y contradicciones, considerando los contra-argumentos, elaborando respuestas a los mismos);

♦ los participantes hayan podido expresar sus opiniones libremente (esto supone que se haya logrado un clima de confianza en el que cada uno sienta que es respetado en la disidencia, en la ignorancia y en el error);

♦ los participantes hayan tratado de entenderse mutuamente, buscando puntos de encuentro, sin obsesionarse por lograr un consenso;

♦ los participantes hayan reconocido el mérito moral de la postura que no comparten, la conflictividad como una categoría moral y no esperen “la resolución” del caso como si se tratara de un problema matemático;

♦ los participantes hayan podido reconocer sus emociones y reflexionar sobre las mismas, identificando aquellas que podrían ser generalizadas;

♦ los participantes hayan podido reconocer sus propios prejuicios y reflexionar sobre ellos;

♦ los argumentos que fundamentan la decisión no sólo hayan sido forjados intersubjetivamente; es decir, incorporando todas las voces presentes en el proceso deliberativo, sino que también hayan podido ser aceptados por potenciales participantes;

♦ los participantes hayan estado dispuestos a revisar la decisión a la que arribaron a la luz de nuevos aportes, ya sea de información o de perspectiva moral; y que

♦ las intervenciones del profesor hayan estado más referidas a la formulación de preguntas (para alentar el diálogo) que a dar respuestas.

6. ¿Cómo puedo presentar en el aula problemas bioéticos que promuevan la deliberación?

1) *El cine como recurso ideal.* Siguiendo las publicaciones y desarrollos referidos a educación en bioética, varios autores coinciden en que uno de los principales recursos es la presentación y deliberación de *casos*. Aquí el docente puede recurrir a numerosos ejemplos reales o ficcionales, extraídos de medios de comunicación, novelas, teatro y, principalmente, del cine. Ciertamente el cine resulta en bioética un medio excepcional para exponer situaciones de amplia complejidad, con recursos visuales y emotivos muy efectivos a la hora de sensibilizar al espectador. El objetivo será entonces presentarles a los alumnos una situación problemática a través del lenguaje cinematográfico, proponiéndoles identificar un problema bioético para que, en consecuencia, puedan deliberar respecto a una posible solución. Como vimos en el apartado anterior, en la evaluación se tendrá en cuenta la capacidad del alumno de argumentar su posición, de defender ese argumento y de ponerse en el lugar de sus compañeros, entre otros aspectos. En relación con la temática de este libro, sugerimos el documental “Home” dirigido por Yann Arthus-Bertrand (2009), que muestra la diversidad de la vida en la tierra y cómo las actividades humanas se han convertido en una amenaza para el equilibrio ecológico del planeta. Es un excelente disparador del tema que nos convoca y se encuentra disponible para ser visualizado de manera gratuita en internet.

2) *Otro espacio de deliberación: el foro.* La actividad del foro consistirá en la publicación en un espacio virtual de problemas bioéticos que resulten movilizadores para la deliberación bioética. Para ello será útil la construcción de una plataforma especial o simplemente recurrir a las redes sociales, éstas últimas de gran practicidad y de fácil llegada a los alumnos. Vale la aclaración que la deliberación a través de un proceso deliberativo a través de este medio debe organizarse con objetivos claros y bajo ciertas reglas. Tal como destacan algunos expertos en el tema:

Las formas de intercambio escrito en soporte electrónico utilizadas en los foros, conocidas como “literacidad”, “neoescritura” o “habla virtual” dan cuenta de procesos de lectura y escritura que simulan el escuchar y hablar, y que flexibilizan las distancias intersubjetivas que imponen los géneros académicos en otras situaciones de comunicación escrita. (Arrieta & Vidal, 2012, p. 77)

Como aspecto positivo en esta propuesta, el intercambio asincrónico, virtual (no cara a cara), permite mayor reflexión y elaboración argumentativa, dejando poco espacio para que los aspectos emocionales vicien el debate. El rol del docente en este caso será el de moderador de las interacciones que se produzcan, tomando como criterio de evaluación los propuestos en el apartado anterior para un proceso deliberativo. Recuerde que lo que aquí se busca es la evaluación de los enunciados publicados a la luz de pruebas disponibles, no siendo necesario llegar a una resolución, sino poner luz a la complejidad de los problemas propuestos.

3) *El juego de roles: el comité de ética.* El “*role playing*” o “juego de roles” es una herramienta bastante utilizada en educación. La apuesta en este caso será la de crear un comité de ética y presentar a los alumnos una situación problemática. Cada participante tendrá un rol asignado (miembros del comité, formado por diversos sectores civiles, profesionales y religiosos) y será conveniente que los integrantes representen al menos dos posturas opuestas al presentar el problema al comité. Por ejemplo, tomaremos el aporte de Da Silva Fraga y Krasilchik (2013) sobre un caso a tratar. En una clase, un estudiante menciona un anuncio extraído de la página web de una empresa multinacional productora de granos que reivindica las cualidades de las semillas transgénicas, aumentando la productividad y reduciendo los costes de producción. Otro estudiante señala los riesgos potenciales para los ecosistemas y la salud humana, subrayando además que no existe un correcto etiquetado de los productos que contienen organismos genéticamente modificados para informar al consumidor. Un tercer estudiante recuerda la invasión de un grupo de mujeres a un laboratorio de investigación con semillas transgénicas, destruyéndolo, interrumpiendo varios años de investigación. Los autores comentan que el grupo de alumnos, luego de deliberar, desaprobó la actitud de las mujeres, abogó por la no utilización de la violencia e instó a la utilización de formas más democráticas para resolver los conflictos. Otro aspecto importante sobre lo que concluyeron los estudiantes fue la falta de etiquetado de los productos modificados genéticamente, ya que afecta la autonomía del sujeto en la elección del producto (Da Silva Fraga & Krasilchik). Como podemos ver en este y en otros ejemplos, no existen ni se buscan las “conclusiones correctas”. Lo que en verdad se persigue es con un proceso de deliberación es la posibilidad de argumentar y de dar respuesta a una situación problemática concreta.

Referencias bibliográficas

- Aramini, M. (2007). *Introducción a la Bioética*. Bogotá: Edit. San Pablo.
- Arrieta, S. & Vidal, S. (2012). Educación en Bioética a distancia. Una experiencia regional. En S. Vidal (Ed.), *La Educación en Bioética en América Latina y el Caribe: experiencias realizadas y desafíos futuros* (pp. 69-91). Montevideo: UNESCO. Extraído el 17 de junio, 2014, de <http://www.unesco.org.uy/shs/fileadmin/shs/2012/EducacionBioeticaALC-web.pdf>.
- Brussino, S. (2012). La deliberación como estrategia educativa en Bioética. En S. Vidal (Ed.), *La Educación en Bioética en América Latina y el Caribe: experiencias realizadas y desafíos futuros* (pp. 37-52). Montevideo: UNESCO. Extraído el 17 de junio, 2014, de <http://www.unesco.org.uy/shs/fileadmin/shs/2012/EducacionBioeticaALC-web.pdf>.
- Centro de Bioética de la Universidad Católica de Córdoba. (2013). Extraído el 25 de agosto, 2014, de http://www.ucc.edu.ar/portalmuevo/noticias.php?not=2496&ncat=29&txt_palabra=Institucional&PHPS ESSID=bc5785ae9a9f94c781b1470f44ea51d0.
- Comisión Nacional para la Protección de los Sujetos Humanos de Investigación Biomédica y Comportamental. (1979). Informe Belmont. EEUU. Extraído el 30 de septiembre, 2014, de http://www.redbioetica-edu.com.ar/links/El_informe_Belmont.pdf.
- Enkerlin, E., Cano, G., Garza, R. & Vogel, E. (1997). *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. México: International Thompson Editores.
- Fariña, J. (2012). La experiencia del cine y el pensamiento (Bio)ético. En S. Vidal (Ed.), *La Educación en Bioética en América Latina y el Caribe: experiencias realizadas y desafíos futuros* (pp. 93-108). Montevideo: UNESCO. Extraído el 17 de junio, 2014, de <http://www.unesco.org.uy/shs/fileadmin/shs/2012/EducacionBioeticaALC-web.pdf>.

- Garrafa, V. & Porto, D. (2008). *Diccionario latinoamericano de bioética*. UNESCO - Red Latinoamericana y del Caribe de Bioética. Bogotá: Universidad Nacional.
- Garrafa, V. & Osório de Azambuja, L. (2009). Epistemología de la bioética - enfoque latino-americano. *Revista Colombiana de Bioética*, 4(1), 73-92.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Designing argumentation learning environments. En S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (pp. 91–115). Dordrecht: Springer.
- Organización de la Naciones Unidas. (1992). Extraído el 17 de junio, 2014, de <http://www.un.org/es/events/biodiversityday/convention.shtml>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2005). Extraído el 17 de junio, 2014, de http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=31058&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html.
- Pardo, A. (2010). *Cuestiones básicas de la Bioética*. Navarra: Editorial Rialp.
- Silva, Fraga da P. & Krasilchik, M. (2013). Bioética e ensino de ciências: o tratamento de temas controversos - dificuldades apresentadas por futuros professores de ciências e de biologia. *Ciência & Educação (Bauru)*, 19(2), 379-392.
- Sylvan, L. (2001). Oferta alimentaria: los consumidores y sus expectativas. *Revista Acta Bioethica*, 7(2), 215-216.
- Vidal, S. (2012). *La Educación en Bioética en América Latina y el Caribe: experiencias realizadas y desafíos futuros*. Montevideo: UNESCO. Extraído el 17 de junio, 2014, de <http://www.unesco.org.uy/shs/fileadmin/shs/2012/EducacionBioeticaALC-web.pdf>.

Conflicto de intereses: las opiniones aquí vertidas no representan, necesariamente, un posicionamiento institucional del Colegio de Psicólogos de la Provincia de Córdoba.

Lecturas recomendadas

1) La Educación en Bioética en América Latina y el Caribe: *experiencias realizadas y desafíos futuros*. UNESCO. Extraído el 10 de diciembre, 2014, de <http://www.unesco.org.uy/shs/fileadmin/shs/2012/EducacionBioeticaALC-web.pdf>.

Es una publicación que recopila las experiencias locales en materia de educación y bioética. Expertos de numerosas instituciones participaron en su elaboración, caracterizándose por el énfasis en desarrollar las competencias necesarias a través de metodologías educativas no tradicionales

2) Diccionario Latinoamericano de Bioética. UNESCO. Extraído el 10 de diciembre, 2014, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001618/161848s.pdf>.

Libro editado por la Red Latinoamericana y del Caribe de Bioética de la UNESCO que desarrolla ampliamente los problemas bioéticos regionales desde distintas visiones y disciplinas.

Sitios web recomendados

1) Ética y cine. (<http://www.eticaycine.org/>).

Es una base de datos de comentarios sobre filmes desde la perspectiva bioética. Dispone de un sistema de búsqueda por autor, film y descriptores específicos.

2) Programa de Educación permanente en Bioética – UNESCO. (<http://www.redbioetica-edu.com.ar/>).

Es un espacio de educación e intercambio permanente a través de la modalidad a distancia.

3) Centro de Bioética de la Universidad Católica de Córdoba. (http://www.ucc.edu.ar/portalnuevo/interna_ucc.php?sec=29).

Es un espacio académico e institucional local con fuerte compromiso con las problemáticas bioéticas actuales y cuyo posicionamiento ha adquirido en los últimos tiempos fuerte influencia e impacto en la opinión pública.

4) Revista Acta Bioethica. (<http://actabioethica.cl/platform/>).

Publicación semestral del Centro Interdisciplinario de Estudios en Bioética, Universidad de Chile. Reúne las contribuciones de calificados autores comprometidos con el estudio interdisciplinario de los condicionantes y consecuencias éticas de la investigación tecnocientífica.

Autoevaluación

- 1) ¿Por qué poner en riesgo la conservación de la biodiversidad es un problema bioético?
- 2) ¿Qué compromiso tiene el estado argentino al respecto?
- 3) ¿Qué lugar ocupa la religión en la deliberación bioética?
- 4) ¿Qué aspectos son importantes en el proceso deliberativo?
- 5) ¿Cuál es la finalidad de una deliberación en bioética?
- 6) ¿Cómo puedo generar nuevas modalidades de educar en bioética?

Sobre el autor



César Damián Crivello es Licenciado en Psicología y actualmente se desempeña como Secretario del Tribunal de Ética del Colegio de Psicólogos de la Provincia de Córdoba. Fue profesor Adscripto de la cátedra de Deontología y Legislación profesional de la Carrera de Psicología de la Universidad Católica de Córdoba y en la actualidad cursa el último año de la Maestría en Bioética dictada por Secretaría de Graduados de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Córdoba. Su tema de tesis alude a los problemas bioéticos que atraviesan el ejercicio profesional de la psicología. Matrícula Profesional N° 5196. E-mail: cesarcrivello@hotmail.com

Capítulo 9. La Didáctica de la Biología: tensiones que desafían la formación del educador en ciencias

Ana Lía De Longhi y Alcira Rivarosa

Universidad Nacional de Córdoba,

Universidad Nacional de Río Cuarto

Resumen

La enseñanza de la Biología hoy nos enfrenta a múltiples desafíos generados por los contenidos de la formación docente, por las integraciones entre los campos disciplinares y pedagógico-didácticos, así como por el alcance ético, social, cultural y político de los mismos.

La creatividad de los docentes encuentra en el campo de la didáctica un escenario desde donde realizar propuestas educativas que promuevan una sólida alfabetización científica y mejoras en las oportunidades para construir calidad de vida.

Las temáticas que aluden al área compleja de la biodiversidad no escapan a esa realidad y se ven interpeladas por saberes de Ecología y de Educación Ambiental. Este campo epistémico está atravesado por el paradigma de la complejidad natural y socio-cultural y, consecuentemente, demanda a su didáctica metodologías de problematización que integren en su tratamiento lo conceptual, procedimental y actitudinal. Por lo tanto, resulta necesario un conocimiento didáctico especial para el contenido de la biodiversidad, pensado desde una multiplicidad de estrategias, enfoques y recursos.

Conceptos clave: conocimiento biológico, biodiversidad y complejidad, conocimiento didáctico del contenido ecológico y ambiental.

Introducción

El presente capítulo propone un recorrido que se inicia, en un primer momento, con la delimitación de las características epistemológicas del conocimiento biológico, tanto desde su contexto de justificación y niveles de conceptualización (hechos, principios, teorías) como desde su contexto de descubrimiento e investigación (procedimientos, técni-

cas). Esa reflexión epistémica atraviesa el conocimiento didáctico tradicional desde una mirada problematizadora y con fuerte anclaje en la realidad bio-socio-cultural.

Se avanza en un segundo momento con un análisis reflexivo sobre la enseñanza de las ciencias y el conocimiento didáctico que necesita un profesor, desarrollando una actitud de vigilancia permanente sobre los nuevos marcos teóricos y los desafíos educativos actuales que abordan las líneas de investigación e innovación educativa.

En un tercer momento se plantea la necesaria distinción entre el campo de estudios de la Ecología y la Educación Ambiental, a los efectos de mostrar la relevancia de la complejidad de estos saberes, tanto para la formación docente como para las prácticas educativas en la escuela secundaria. De este modo, la identidad del triángulo didáctico se ve interpelado desde el valor epistémico, científico y cultural de nuevas temáticas, como la de biodiversidad, la que reclama procesos de innovación e ingenierías didácticas particulares.

1. El conocimiento biológico hoy, ¿qué nos propone?

En la actualidad se reconoce que los cambios sociales y culturales demandan nuevas alternativas de comprensión sobre el conocimiento científico, no solo por sus nuevas conceptualizaciones, sino por las diversas tensiones éticas, tecnológicas y políticas de la acción humana que intentan contribuir a una mayor equidad social (Lemke, 2006). Lo anterior implica un desafío para el campo de la educación de las ciencias, ya que obliga a revisar el capital de saber acumulado y a promover el re-diseño de modelos de formación para nuevas ciudadanías, que persiguen la atención a situaciones educativas emergentes, con una mayor comprensión, racionalidad creativa y significación auténtica (Wegner, 1998).

Al respecto, la vasta investigación científica de los últimos 50 años y su amplio crecimiento ponen en vidriera cultural el papel incuestionable que desempeñan las ciencias en la sociedad contemporánea. Dicho protagonismo no sólo se manifiesta a través de la evolución de los modos de comprender el mundo, sino, y sobre todo, por la proyección e impacto tecnológico que revolucionan la geopolítica en el siglo XX (Hodson, 2003).

La Biología como disciplina científica ha estudiado históricamente la vida y su organización desde principios unificadores y desde distintos niveles de complejidad: biosfera, ecosistema, población, individuo, organismo, aparatos, tejidos, células, macromoléculas y nivel bioquímico, integrando en sus análisis temáticas diversas como taxonomía, biodiversidad, genética mendeliana y de poblaciones, embriología, biología del organismo, biología molecular, micro y macroevolución, entre otros (Bermudez, 2015). Es una ciencia eminentemente histórica y evolutiva, que construye modelos explicativos a partir de una variedad de métodos de investigación (comparativos, sistémicos, hipotético-deductivos, genéticos, históricos) en abordajes estructurales, funcionales y comportamentales (Barberá & Sendra, 2011). El desarrollo conceptual y metodológico de la Biología ha asumido una nueva identidad respecto de otras disciplinas (por ejemplo la Física) dado que los procesos sobre la vida (autorregulación, equilibrio inestable, invariante y evolución irreversible) se encuentran atravesados por perspectivas tanto diacrónicas como sincrónicas, desde una concepción de sistema abierto. De este modo, los modelos teóricos se van articulando con múltiples prácticas sociales y humanas, dando lugar a nuevas relaciones ciencia, sociedad y cultura. Ejemplos como los avances en investigación biotecnológica y cibernética, la digitalización del código genético o la manipulación de semillas han promovido no solo aportes conceptuales al campo biológico, sino también nuevos dilemas éticos, de impacto económico y social, como los que atraviesan a los trasplantes de órganos, fármacos y medicamentos, armas bio-químicas, producción de alimentos y robótica (Testart & Godin, 2002). Es en este sentido que las tensiones éticas han desafiado los problemas con líneas de investigación y actuación educativa que integran otros enfoques (ambientales, CTSA, humanísticos) y dimensiones, como la bio-ecológica, social, económica y política. Así han ido fortaleciéndose las propuestas interdisciplinarias que vinculan la ciencia, las prácticas de la cultura y el espacio natural, como es el caso de la Educación para la Salud y la Educación Ambiental.

De este modo, el contexto actual nos convoca a preguntarnos: ¿Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual? ¿Ciencia para quiénes? ¿Cómo se produce y progresa ese conocimiento? ¿Contribuye el saber científico y tecnológico disponible a un modo de pensar y actuar para el cambio social? Tal como sostienen Astudillo, Rivarosa y Ortiz (2009), consideramos que la reflexión epistemológica habilita en primer lugar a establecer un diálogo constante con el cono-

cimiento y su validez relativa, cuestión que ayuda a entender el progreso científico como proceso complejo de naturaleza no lineal, riguroso, creativo, desafiante y sujeto a la estructura y dinámica social; es decir cómo se construye, adquiere y justifica el conocimiento científico para nociones básicas de la Biología. En segundo lugar, reconocer los modelos teóricos elaborados sobre temáticas bio-ecológicas, por ejemplo, permite ir diferenciando cuestiones conceptuales, discursivas y axiológicas de las argumentaciones y de sus sistemas representacionales. Y, en tercer lugar, este abordaje cuestionador sobre el saber científico a enseñar permite identificar las tramas de poder que condicionan la construcción y manipulación del conocimiento (material, intelectual, social). De este modo, emergen los contrastes entre el desarrollo lógico y argumental de las explicaciones biológicas y la revolución tecnológica y cultural promovida a partir de dichas teorías (como por ejemplo: teoría celular, leyes de la herencia, sistemática, biodiversidad y selección natural).

Por lo tanto, se hace necesario atender a las dos caracterizaciones relativas a la epistemología del saber a enseñar: a) los conocimientos científicos modelizados y sus procesos de justificación argumentativa (lo que sabemos, conceptos, principios, teorías); y b) el origen de los conocimientos y sus procesos de descubrimiento contextual (cómo sabemos, procedimientos, técnicas) (Duschl, 1997). En este sentido, la primera caracterización – teorías, conceptos y hechos- ha dominado la enseñanza contemporánea de las Ciencias Biológicas, promoviendo un conocimiento a nuestro juicio incompleto. En la actualidad se necesita profundizar en el diseño e implementación de propuestas didácticas que trabajen también sobre la otra cara, sobre el *cómo* y *por qué* se supo y es necesario conocer; por ejemplo, el modelo de transmisión de caracteres hereditarios, la mirada ecológica o el proceso de evolución (Wolovelsky, 2008).

En síntesis, el análisis epistemológico sobre el saber a enseñar ofrece alternativas potentes al pensamiento y desempeño del rol docente porque, por un lado, habilita a construir sentido y valor cultural sobre los conocimientos de las Ciencias Biológicas y, por otro, porque posibilita re-crear diseños y escenarios de enseñanza que atiendan a los procesos evolutivos y contextuales de esos conocimientos. En esta línea, la investigación en educación en ciencias viene señalando la nece-

sidad de integrar a la formación docente los contenidos metacientíficos como una reflexión de segundo orden, que promueva una ruptura con un estilo académico de formación, cargado de mitos y concepciones incompletas respecto del saber y del hacer científico, y que contribuya a consolidar las epistemologías personales de los futuros profesores y científicos (Porlán, 1998; Tardiff, 2004).

2. ¿Cuál es el desafío didáctico para el docente de Biología?

Actualmente la Didáctica de la Biología asume un carácter investigativo y social, ya que invita a proponer innovaciones e investigaciones que den respuesta a cómo hacer para que la población se apropie de un *saber, un saber hacer y una actuación* que mejore su calidad de vida. Esta combinación de habilidades y estrategias abre nuevos desafíos para la enseñanza de la Biología, ya que no solo cambian y se actualizan permanentemente los conocimientos biológicos escolares, sino que también se modifican los sistemas de comunicación y representación de acceso a dichos saberes (tecnología-información-divulgación). Ello implica nuevas demandas para la enseñanza así como otros roles docentes e institucionales para el desarrollo cognitivo y socio-cultural (Bolívar & Bolívar, 2011; Rivarosa & De Longhi, 2012).

En este contexto resulta importante reconocer que es principalmente el docente quien siente que su conocimiento didáctico se moviliza día a día como una “bisagra” que, en cada acción que el enseñante realiza, enfrenta sus saberes, argumentos teóricos y experiencias a los requerimientos de las prácticas y actividades (De Longhi, 2014). De Longhi explica desde la analogía de la bisagra los desafíos que estos entrecruzamientos acarrear:

♦ En primer lugar, el conocimiento producto de la formación disciplinar específica se ve interpelado ante cada decisión de planificación, desarrollo o evaluación, y por el conocimiento que habitualmente se llama *pedagógico-didáctico*. El conocimiento disciplinar del docente requiere de otros saberes, ya que pensar que es el único se constituye en un *pensamiento* (didáctico) *espontáneo* o *de sentido común* (Gil Pérez, 1991). Este mismo autor reconoce además otros *saberes docentes*, como por ejemplo, saber evaluar, preparar y dirigir la actividad de

los alumnos, criticar con fundamentos la enseñanza habitual, utilizar la investigación e innovación para mejorar sus prácticas, y adquirir conocimientos sobre el aprendizaje de las ciencias. En esta misma dirección, Shulman (1986) argumenta sobre la “enseñabilidad” de un contenido, la cual va más allá del conocimiento de la propia disciplina, que incluye la selección y organización de conocimientos a enseñar, de estrategias y de actividades. También forman parte del conocimiento didáctico del profesor el conocimiento y uso de las formas más útiles de analogías, ilustraciones, ejemplos y aplicaciones más significativas (Michellini, Santi & Stefanel, 2013). Estos desarrollos fueron pioneros de las actuales líneas de innovación e investigación en la formación de docentes de ciencias.

Desde las posturas que estamos delineando consideramos que el saber docente es de carácter complejo y que no solo incluye la forma de selección, secuenciación y organización de los elementos curriculares, sino también los *enfoques* sobre el tema y los *posicionamientos metodológicos y político-socio-culturales* que lo atraviesan. En consecuencia, un docente no solo debe pensar qué va a enseñar, sino cómo lo diseñará, para quiénes y para qué es necesario comprenderlo. De este modo, hoy podemos decir que el conocimiento del docente está conformado por *múltiples saberes* que se estructuran en torno a *problemas relevantes* de la enseñanza, de ciencias en este caso, dando cuenta de su naturaleza no solo teórica sino también práctica y contextual (Feldman, 2004; Gil Pérez, 1991; Rodríguez y Meneses, 2005; Shulman, 1986; Tardif, 2004). Reconocemos además la naturaleza biográfica o histórica de los saberes docentes, definidos como herencia sedimentada de la experiencia de los sujetos en determinadas culturas de aprendizaje y cuyo resultado es la encarnadura de concepciones profundamente arraigadas (Tardif).

Desde la perspectiva planteada son centrales, por tanto, las dimensiones *históricas* y *epistemológicas* del contenido y su enseñanza para formar criterios en el diseño y concreción de la *trasposición didáctica*, tanto de los conceptos como de los procesos que los atraviesan. Así mismo, la contextualización del tema/problema en la realidad socio-cultural brinda la oportunidad de acercar el accionar ético del colectivo humano; vale como ejemplo la noción de biodiversidad desde los sistemas de producción, innovación y desarrollo tecno-científicos, los procesos de divulgación y consumo, y el accionar político en el bienestar popular.

♦ Un segundo desafío es lograr *coherencia* entre las decisiones de la práctica con los fundamentos teóricos del área pedagógico-didáctica. Las primeras están condicionadas por una complejidad de factores no solo vinculados al tema que se debe enseñar, sino también al posicionamiento ideológico del propio docente, a las características de los alumnos y a las diversas mediaciones institucionales. Dichos factores tienen que conjugarse de modo holístico con tres contextos que interpelan esas decisiones: el *situacional* (lugar y momento histórico donde se desarrolla la enseñanza), el *lingüístico* (los códigos que emplean las diferentes comunidades de hablantes en una clase) y el *mental* (los procesos de pensamiento de las diferentes personas y habilidades cognitivas puestas en juego en las interacciones).

♦ El tercer desafío que se plantea en la docencia es una *tensión* entre la *formación académica* recibida y los *proprios saberes*, concepciones y supuestos. Todo docente en formación inicial o en ejercicio ha pasado por el sistema educativo, ha recibido ejemplos de actuaciones de otros docentes y ha cumplido el rol de alumno en innumerables situaciones. Lo anterior le ha permitido conformar su experiencia y consolidar sus concepciones sobre esta profesión (ser docente), sobre la enseñanza, sobre el aprendizaje y sobre el objeto que enseña. Numerosos estudios en esta línea analizan dichas concepciones (tanto implícitas como explícitas), señalan los desencuentros con las prácticas y realizan propuestas fundadas para movilizar y hacer progresar el conocimiento didáctico del profesor (Astudillo, Rivarosa & Ortiz, 2014). La tarea que éste realiza de decidir y proponer oscila entre lo técnico y lo creativo, en donde se mezcla su formación y su experiencia, sus referentes teóricos y sus supuestos. Por ello la propuesta de clase es una *hipótesis de trabajo*, ajustada de manera permanente al contexto, temas y a una amplia experiencia personal acumulada.

A modo de síntesis, el desafío explicitado indica que al enseñar un contenido biológico particular es necesario que el educador pueda ir encontrando *su didáctica*, que conjugue argumentos respecto de las dimensiones del tema/problema a enseñar, con el contexto cultural, comunicacional y político, en donde se inserta la enseñanza y el aprendizaje (De Longhi, 2014).

3. ¿Qué se investiga en la actualidad sobre la educación en Biología?

En las décadas de los años 80' y 90', con los estudios de corte *constructivista*, emerge un posicionamiento sobre el conocimiento que atiende mejor a los procesos de alfabetización científica, vinculando las relaciones entre la producción en ciencias y los asuntos tecnosociales. En este contexto, si bien al nivel de los contenidos se actualiza la propuesta para Biología, paralelamente surgen algunas dificultades asociadas a los cambios en el desarrollo curricular en el profesorado de ciencias. Por ejemplo, la conservación de una mirada técnica y aplicacionista de los nuevos enfoques por parte de algunos docentes, el hecho de no asumirse como profesionales críticos sobre sus propias decisiones docentes, y la dificultad para incluir en sus diseños propuestas y reflexiones provenientes de las investigaciones.

Por otra parte, los modelos de formación históricos incurren en una serie de descuidos clave que explican, en parte, su fracaso. Asociado al hecho de no considerar las distancias entre el saber declarativo, el saber que orienta la acción y lo que efectivamente hace el profesor cuando enseña, los estereotipos sociales dominantes acerca de la enseñanza y el aprendizaje escolar permanecen arraigados como fundamentos ocultos de las prácticas docentes (Jiménez Pérez & Wamba Aguado, 2003).

De este modo, la investigación didáctica comienza a asumir la importancia del papel del profesorado en la implantación de las reformas, en tanto mediador entre los objetivos del currículum y la práctica de aula (Maiztegui et al., 2000; Mellado, 2003). De hecho, se reconoce que existe una distancia significativa entre las fases de diseño e implementación, lo que pone en evidencia que los modelos de enseñanza poseen un carácter sistémico. Frente a éste, los esfuerzos de innovación pierden eficacia si se proponen como aportes puntuales y/o reducidos a un listado de instrucciones.

Así como expresa Duit (2006), la enseñanza de las ciencias asume esa complejidad e incluye en ella cuatro ámbitos primordiales: a) el análisis de la estructura de los contenidos, b) la investigación sobre enseñanza y aprendizaje, c) el desarrollo y la evaluación de la enseñanza/diseño instruccional y, d) la investigación sobre cuestiones curriculares y sobre

políticas relacionadas. En la base de estas cuatro líneas se encuentra la idea de que la investigación y el desarrollo de propuestas de enseñanza están estrechamente vinculados a -y se insertan en- contextos socio-culturales, curriculares y situacionales de múltiples complejidades (Perrenoud, 2007). Por ello consideramos que el núcleo fuerte del *saber a enseñar* debería incluir no solo las investigaciones del campo temático específico (en tensión constante), sino que también debería atender la variedad de prácticas educativas e innovaciones, lo que habilitaría otros caminos de cambios que pueden estar generándose.

En este entramado en desarrollo podemos decir que, paulatinamente, los resultados de las investigaciones en Educación en Biología van aumentando su producción y encontrando su propio perfil, redefiniendo problemas y preocupaciones esenciales, tomando en consideración la naturaleza de las Ciencias Biológicas y los notables avances producidos en su campo, así como las características de su aprendizaje y enseñanza.

De manera resumida podemos decir que las líneas de investigación en desarrollo para la educación en Biología se sustentan en la aproximación histórica y epistemológica a diferentes tópicos de Biología, en las actitudes hacia la ciencia y las prácticas científicas, las concepciones y los obstáculos de las/os estudiantes y los vínculos entre enseñanza, dilemas conceptuales y en los contextos culturales. Por otra parte, se profundizan los estudios sobre el pensamiento del profesor y su formación inicial y continua, el diseño de modelos y situaciones de enseñanza-aprendizaje, el uso de nuevas tecnologías de la información y comunicación, y los problemas relativos a la transposición didáctica. En los últimos años, además, se encuentran líneas que ahondan específicamente en el estudio de las actitudes en torno al aprendizaje, la motivación y las emociones en los vínculos con el saber y la experiencia, los aprendizajes no formales e inclusivos (los otros culturales) y las habilidades cognitivas-metacognitivas asociadas a recursos, actividades, formas de habla y de escritura en clases de ciencias.

4. ¿Es lo mismo enseñar Ecología que Educación ambiental?

Retomaremos en este punto lo expresado en el Diseño curricular para el Profesorado de Educación Secundaria en Biología (Rivarosa, 2010), donde se explicita que la Ecología es considerada como la disciplina científica que ha desarrollado nuevas categorías de comprensión sobre la naturaleza, articulando la biodiversidad con los procesos de selección y cambio, e integrando los niveles de complejidad biológica en diversidad de eco-regiones en el mundo.

Por otra parte, es esa particular dinámica e interacción sistémica la que posibilita entender la intervención antrópica en su desarrollo natural y en la transformación y huellas sobre la naturaleza, conocidas como impactos ambientales (Rivarosa, Astudillo & Astudillo, 2012).

La ecología intenta, como campo de investigación, desarrollar la construcción de modelos que reflejen las múltiples interacciones que se establecen entre los componentes bióticos y abióticos de los sistemas naturales del planeta. Por ello, entender los principios ecológicos implica adoptar un enfoque relacional, sistémico, contextual y evolutivo. En este sentido, los modelos ecológicos intentan explicar cómo funciona la vida en el mundo natural buscando descripciones generales de los diferentes procesos o fenómenos observables, estableciendo argumentos que permitan predecir, de un modo preciso y sencillo, el resultado de dichos procesos o fenómenos.

Para la formación didáctica, particularmente en Ecología, cobra valor el establecimiento de fuertes vínculos entre los principios básicos de la Ecología y las causas de los problemas ambientales como una posibilidad de brindar soluciones al dilema de la sustentabilidad de las poblaciones naturales. Por ello, se torna indispensable el ejercicio cognitivo de “comprender globalmente para aprender a actuar localmente”, buscando sensibilizar, interpretar y preservar nuestros patrimonios naturales. La enseñanza de la Ecología necesita de prácticas pedagógicas que establezcan una mayor relación con las intervenciones antrópicas, las pautas culturales, el consumo, las huellas ambientales y la salud comunitaria. Ello implica, además, proponer actividades y tareas cognitivas que hagan énfasis en los enfoques sistémicos e integrales, la relación local-global y evolutiva, el conocimiento sobre ecosistemas reales, las perspectivas históricas y proyectivas, los modelos proyectivos de cambio ecológico, y la dimensión ética y política (Rivarosa, 2010).

Sin embargo, el capital natural que reconocemos, condición y sustrato del bienestar cultural, ha sido violentado de modo recurrente y por ello cobra relevancia el campo epistemológico de la educación ambiental. En ésta ocupan un lugar destacado otros principios de reconocimiento del valor de la biodiversidad, lo natural y humano, la equidad y la inclusión de las diferencias culturales, raciales y de género. Una suerte de convergencia de corrientes de pensamiento nutren una nueva propuesta teórica sobre lo ambiental, que busca armonizar tres nociones que se miraban de modo separado: el capital natural, el crecimiento económico y la equidad social. Por ello, esta perspectiva de desarrollo inclusivo y de mayor justicia ambiental necesita de múltiples cooperaciones intelectuales, menos codicia y más ética de actuación social, ejercitando el derecho a la ciudadanía plena. Las situaciones ambientales poseen un desarrollo histórico y cultural e involucran una profunda interrelación entre fenómenos naturales, prácticas culturales, tecnologías.

En síntesis, las distinciones que hemos vertido tienen como objetivo esclarecer algunos solapamientos conceptuales en las prácticas educativas y aclarar que no son lo mismo Ecología y Educación Ambiental, pues ambas configuran ámbitos epistémicos y axiológicos complementarios que deberían estar presentes tanto en la formación docente como en la escuela.

5. ¿Cuáles son las perspectivas para la formación inicial y continua de profesores de Biología en estas temáticas?

El movimiento educativo internacional en educación en ciencias, generado desde la década de los años '80, viene planteando la necesidad de un giro ideológico respecto de la formación científica y la delimitación de objetivos y estrategias que vayan más allá de la adquisición de información sobre teorías y conceptos disciplinares. En este marco, la Didáctica de las Ciencias ha desplegado una amplia gama de investigaciones e innovaciones educativas, con fundamentos metodológicos y conceptuales que delimitan un estatus propio y una configuración inicial como dominio científico (Rivarosa & De Longhi, 2012).

La innovación curricular en la docencia de un profesor, su perfeccionamiento, la investigación de la docencia del profesor y la docencia

del formador son caras de un mismo poliedro didáctico. Por ello, como expresa Elórtégui, Fernández y Medina (2002), currículum, formación e investigación están solapados. No obstante, es necesario que un docente construya un conocimiento profesional específico que, como expresa Valbuena (2007), debe asumirse tal como lo anticipamos: desde una perspectiva evolutiva, como una hipótesis de progresión en la que se reestructura el conocimiento “de hecho” del profesor hacia un conocimiento de mayor complejidad.

Hoy se recupera con fuerza la idea del *conocimiento didáctico del contenido* (CDC) como componente central de ese conocimiento profesional docente (Shulman, 1986; Tardiff, 2004). Los contenidos de Biología insertos en propuestas de Ecología o de Educación Ambiental requieren de la construcción de un CDC propio y de la producción y puesta en escena didáctica de modelizaciones para su enseñanza.

Por otro lado, los actuales estándares para los profesorados de Biología incluyen cuatro dimensiones para la formación del docente: (a) el campo de formación disciplinar específico, (b) el de formación pedagógica, (c) el de formación general, y (d) el de la práctica profesional docente. Entre las principales propuestas se destaca el mayor tiempo destinado a las temáticas didácticas y el hecho de que ellas formarán parte tanto de la formación pedagógica –como ocurría habitualmente– como de la formación disciplinar. Lo anterior indica que es deseable y necesario que surjan nuevos espacios curriculares en la formación docente que traten el CD del contenido biológico y que, por otra parte, promuevan el desarrollo de producciones –como las que desafía este texto–. Así mismo, se complementa en la propuesta mencionada la inclusión de los aspectos epistemológicos, también fundamentales para el CDC.

Considerando este marco político-curricular, adquieren relevancia e interés educativo las problemáticas que desafían el enseñar y aprender contenidos específicos como el de la biodiversidad, combinando el enfoque ecológico con el de educación ambiental. Lo anterior genera un movimiento que interpela a los educadores en Biología a realizar una revisión crítica respecto de qué conocimientos hay que seleccionar, cómo educar en las geografías ambientales actuales (locales/globales) y qué estrategias y actitudes promover para desempeñar un mayor protagonismo político como ciudadano del mundo.

Al respecto, se espera la formación de sujetos que construyan estrategias intelectuales, conocimientos y modelos de acción que permitan actuar informada y racionalmente en pos de favorecer procesos de mayor equidad comunitaria. Una sinergia entre “pequeñas” soluciones referidas a contextos locales, cercanos y protagonizados desde abajo por múltiples sujetos, y “grandes” soluciones planteadas desde arriba debe contribuir armónicamente al desarrollo sostenible de las sociedades (Rivarosa et al., 2012).

Por todo lo anterior, la formación docente en este ámbito, según Rivarosa (2010), debería contemplar:

- ♦ Los escenarios de variación natural y antrópica, sus factores y procesos intervinientes en contextos reales, integrando enfoques, analizando casos y modelos contextuales: locales, regionales, mundiales.

- ♦ El saber ecológico desde contextos prácticos y/o de simulación sistémica, para comprender la dimensión temporal y evolutiva de la naturaleza, diseñando prácticas que incluyan las intervenciones humanas (tecnológicas, políticas, económicas) con modelos alternativos de naturaleza y desarrollo sustentable.

- ♦ El conocimiento de instituciones y entidades (públicas, privadas, no-gubernamentales, voluntariado) que estudian y promueven actividades sobre la ecología y el ambiente.

- ♦ La referencia histórica de las prácticas comunitarias (sujetos, familia, escuela, municipios, trabajo rural, industrial, construcción, turismo) para entender y promover la dimensión ética de la conservación de los ecosistemas.

- ♦ Los enfoques integrales y multidisciplinarios, que se abordan desde la problematización y desnaturalización de la realidad (publicidad, costumbres, prácticas culturales).

- ♦ Las perspectivas históricas, dialógicas y contextuales de los temas, así como sus perspectivas éticas, actitudinales y políticas.

- ♦ Un planteamiento curricular integral con eje en los conflictos ambientales derivados de la actividad humana (salud, consumo, contaminación, gestión de recursos, pobreza, desigualdades sociales, otros).

- ♦ El desarrollo de estrategias que promuevan el intercambio entre distintos saberes: artísticos, lógico-matemáticos, lingüísticos, científicos, comunicativos, deportivos, etc.

6. ¿Qué prácticas docentes sería interesante desarrollar en nuestras clases?

Desde la perspectiva planteada en este capítulo, nos atrevemos a sugerir el fortalecimiento de prácticas educativas que permitan:

- ♦ Realizar trabajo de campo que incluya procesos de indagación en diferentes niveles de complejidad.

- ♦ Promover, tanto en prácticas de campo como en espacios de aula y laboratorio, actividades de la ciencia propias de la Ecología y la Educación ambiental. Por ejemplo, muestreos, senderos de interpretación, hipotetización, análisis crítico, debate, ecología en el patio de la escuela, etc.

- ♦ Recuperar información diversificada de materiales de divulgación provenientes de distintas fuentes, para analizarla críticamente.

- ♦ Analizar información sobre los problemas ambientales o de salud comunitaria y las acciones que pueden aportar a su mejora.

- ♦ Estudiar fuentes satelitales, fotografías y otros sistemas de información para conocer la diversidad y la conservación de los ecosistemas en escalas macroscópicas.

- ♦ Realizar simulaciones (desde programas o juegos) para entender la dinámica de los sistemas, redes de relaciones e interdependencias, etc.

- ♦ Examinar investigaciones y experimentos reales y virtuales en Ecología.

- ♦ Desarrollar sistemas ecológicos artificiales: huerta escolar, granja orgánica, compostera, jardinería, terrarios, acuarios, entre otros.

- ♦ Observar y analizar películas, videos y documentales que aborden contenidos de la unidad curricular, tanto de Ecología como de Educación Ambiental, reconociendo las distintas posturas.

- ♦ Elaborar maquetas para modelizar sistemas ecológicos.

- ♦ Visitar diferentes instituciones vinculadas con la Ecología y el ambiente y efectuar entrevistas a sus responsables o informantes clave

(por ejemplo: investigadores, gestores, guarda parques). Además, visitar instalaciones municipales de gestión de aguas, de residuos sólidos, de control de la contaminación atmosférica, etc.

♦ Analizar y debatir sobre problemas desde casos locales, regionales y globales que permitan desentrañar la complejidad y multicausalidad que intervienen.

♦ Recuperar experiencias personales y del grupo socio-cultural de pertenencia, y las representaciones relacionadas con temas de biodiversidad, ecología y ambiente.

Referencias bibliográficas

Astudillo, C., Rivarosa, A. & Ortiz, F. (2009). La ciencia según futuros profesores: entre la tradición y la novedad. *Enseñanza de las Ciencias*, (Número Extra), 62-65.

Astudillo, C., Rivarosa, A. & Ortiz, F. (2014). Reflexión docente y diseño de secuencias didácticas en un contexto de formación de futuros profesores de Ciencias Naturales. *Revista Perspectiva Educacional*, 53(1), 130-144.

Barberá, O. & Sendra, C. (2011). La biología y el mundo del siglo XXI. En P. Cañal (Ed.), *Biología y Geología. Complementos de formación disciplinar* (pp. 77-94). Barcelona: Grao.

Bermudez, G. M. A. (2015). Los orígenes de la Biología como ciencia. El impacto de las teorías de evolución y las problemáticas asociadas a su enseñanza y aprendizaje. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 66-90.

Bolívar, A. & Bolívar, M. (2011). La Didáctica en el núcleo del mejoramiento de los aprendizajes. Entre la agenda clásica y la actual de la Didáctica. *Revista Perspectiva Educacional*, 50(2), 3-26.

De Longhi, A. L. (2014). El conocimiento didáctico del profesor: una bisagra. En M. M. Civarolo & S. G. Lizarriturri (Eds.), *Didáctica general y didácticas específicas la complejidad de sus relaciones*

- en el nivel superior* (pp. 85-108). Villa María, Argentina: Universidad Nacional de Villa María.
- Duit, R. (2006). La investigación sobre enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *RMIE*, 11(30), 741-770.
- Duschl, R. (1997). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14.
- Elórtogui, N., Fernández González, J. & Medina Pérez, M. (2002). Consideraciones sobre la investigación en didáctica de las ciencias naturales. *Alambique*, 34, 37-45.
- Feldman, D. (2004). *Ayudar a enseñar*. Buenos Aires: Aique.
- Gil Pérez, D. (1991). ¿Qué han de saber y saber hacer los profesores de ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 69-77.
- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *Journal of Science Education*, 25(6), 645-670.
- Jiménez Pérez, R. & Wamba Aguado, A. M. (2003). ¿Es posible el cambio en los modelos didácticos personales?: Obstáculos en profesores de Ciencias Naturales de Educación Secundaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 17(1), 113-131.
- Lemke, J. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: Nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 5-12.
- Maiztegui, A., González, E., Tricárico, H., Salinas, J., Pessoa de Carvalho, A. & Gil, D. (2000). La formación de profesores de ciencia en Iberoamérica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 24, 163-187.
- Mellado, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de Ciencias Experimentales y Filosofía de la Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 343-358.

- Michellini, M., Santi, L. & Stefanel, A. (2013). La formación docente: un reto para la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(número extraordinario), 846-870.
- Perrenoud, P. (2007). *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar*. Barcelona: Graó.
- Porlán, R. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Díada Editora.
- Rivarosa, A. (2010). *Diseños curriculares para la Formación del Profesorado en Secundaria en Biología. Ecología, Biología Humana y Salud, Educación Ambiental*. Nivel Superior de la DGES y Nivel Superior de la DGIPE. Córdoba, Argentina: Ministerio de la Provincia de Córdoba.
- Rivarosa, A. S. & De Longhi, A. L. (2012). *Aportes didácticos para nociones complejas en Biología: la alimentación*. Buenos Aires: Miño y Dávila.
- Rivarosa, A. S., Astudillo, M. & Astudillo, C. (2012). Aportes a la identidad de la Educación Ambiental: estudios y enfoques para su didáctica. *Revista de Currículo y Formación del Profesorado*, 16(2), 10-20.
- Rodríguez, E. & Meneses, J. (2005). Las concepciones y creencias de profesores de ciencias naturales sobre ciencia, su enseñanza y aprendizaje, mediadas por la formación inicial, la educación continuada y la experiencia profesional. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 5(2), 29-44.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Testart, J. & Godin, C. (2002). *El racismo del gen: Biología, medicina y bioética bajo la férula liberal*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Tardif, M. (2004). *Los saberes del docente y su desarrollo profesional*. Madrid: Narcea.

- Vázquez Bernal, B., Jiménez Pérez, R. & Mellado Jiménez, V. (2007). El desarrollo profesional del profesorado de Ciencias como integración de la reflexión y la práctica. La hipótesis de la complejidad. *Revista de Enseñanza de Divulgación Científica*, 4(3), 372-393.
- Valbuena, E. U. (2007). *El conocimiento didáctico del contenido biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la UPN (Colombia)*. Tesis Doctoral.
- Wegner, E. (1998). *Communities of practice*. Cambridge: University Press.
- Wolovelsky, E. (2008). *El siglo ausente: manifiesto sobre la enseñanza de la ciencia*. Buenos Aires: Editorial Zorzal.

Lecturas recomendadas

1) Rivarosa, A. S. & De Longhi, A. L. (2012). *Aportes didácticos para nociones complejas en Biología: la alimentación*. Buenos Aires: Miño y Dávila.

Se narra una investigación educativa llevada adelante en contexto real, con un diseño colaborativo con una docente, sus alumnos y su historia institucional. Brinda marco teórico y propuesta de enseñanza para nociones complejas, en este caso la alimentación.

2) Rivarosa, A. S., Monferrato N. & Lecumberry G. R. (2014). *Educación en temáticas ambientales: Una didáctica de autor*. Madrid: Editorial Académica Española.

Propone el relato de seis secuencias didácticas *de autor*, con sus respectivas interpretaciones y desde un marco teórico integrador, crítico y argumentado, sin olvidar la referencia contextual de cada docente.

Sitio web recomendado

1) Cuadernos de Prácticas Educativas. (<http://www.unrc.edu.ar/unrc/academica/publicaciones->).

Sitio Coordinado por Rivarosa A. S., Astudillo, C. y Roldan C. (Coord.) (2008 – 2009). Cuenta con ocho Cuadernos de Prácticas Educativas “Formando(nos): Historias y Diálogos de educadores”. Recupera producciones derivadas de propuestas interinstitucionales (UNRC junto a cinco Institutos de Formación Docente, zona sur). Universidad Nacional de Río Cuarto, subsidiado por MINCyT.

Autoevaluación

- 1) ¿Desde qué supuestos indagaré el saber y la experiencia que poseen mis alumnos?
- 2) ¿Qué expectativas de aprendizaje significativo espero lograr sobre este tema? ¿Qué necesitan saber y saber hacer como futuros sujetos sociales?
- 3) ¿Cuál es el nivel de complejidad que espero poder promover? ¿Cuál es el valor epistemológico y cultural de ese plano del saber a enseñar?
- 4) ¿Que contextualización y perspectiva epistemológica tendrá este tema? ¿Qué contextualización socio cultural diagnosticaré o propondré como desafío de comprensión?
- 5) ¿Qué enfoque sería el deseado para este tema/problema? ¿Cuál es el que decido asumir en esta oportunidad?
- 6) ¿Cómo diseñar la secuencia de aprendizaje para que dé cuenta de que esta es una noción compleja y que necesita una mirada amplia y articulada desde lo biológico ecológico, ambiental, ético, político y económico?
- 7) ¿Cómo puedo registrar y documentar esta *didáctica* particular que he diseñado? ¿Cuál es el valor de esta innovación en mi práctica?

Sobre las autoras



Ana Lía De Longhi (izquierda) es Doctora y Licenciada en Ciencias de la Educación (UCC), y Prof. en Ciencias Biológicas (UNC). Actualmente es Profesora Titular Plenaria de Didáctica General, Especial y Universitaria, en la FCEFYN-UNC y es docente posgrado. Ha ejercido la enseñanza como profesora en el nivel medio. Fue director de la Maestría en Educación en Ciencias y Tecnología UNC y editor de la Revista de

Educación en Biología (ADBIA). E-mail: analiadelonghi@yahoo.com.ar

Alcira Rivarosa (derecha) es Doctora en Educación Científica (UAM-España), Máster en Epistemología y Metodología Científica (UNRC) y Profesora en Cs. Biológicas (UNC). Actualmente es Profesora de Didáctica y Epistemología e Historia de las Ciencias en Profesorado de Ciencias Naturales (UNRC) y es docente de posgrado. Ha ejercido como maestra y profesora en el nivel medio. Fue fundadora del Programa de Investigaciones Interdisciplinarias en Aprendizaje de las Ciencias (UNRC) y presidenta de la Asociación Nacional de Docentes de Biología de Argentina (ADBIA). E-mail: arivarosa@yahoo.com.ar

Capítulo 10. Los diseños curriculares y los libros de texto como niveles de transposición del contenido “biodiversidad”: ¿cómo presentan y tratan su conceptualización?

Gonzalo M.A. Bermudez y Laura C. Nolli

Universidad Nacional de Córdoba

Resumen

Se analiza la trasposición del concepto de biodiversidad desde el estudio de diseños curriculares y libros de texto. Al analizar y comparar la presencia y tratamiento del concepto de biodiversidad en los diseños jurisdiccionales de Córdoba y Buenos Aires (Argentina) encontramos que dicho tópico se asocia a una trilogía que relaciona los componentes genético, específico y ecosistémico (Córdoba) o presenta un desarrollo influenciado por su alcance socio-histórico. Por otro lado, analizando una muestra de 46 libros de texto se encontró que alrededor de un 70 % conceptualiza la diversidad biológica, aunque menos del 30 % de los manuales lo hace basándose en la trilogía antes mencionada. Otros componentes (no contemplados en la trilogía) y los atributos de la biodiversidad (a excepción de la “riqueza”) tuvieron bajos niveles de cobertura. Finalmente, a modo de propuesta didáctica, se establecieron niveles de complejidad para el tratamiento de la diversidad biológica en la escuela secundaria.

Conceptos clave: manuales escolares, transposición didáctica, currículum, diversidad biológica, niveles de complejidad, análisis de contenido.

Introducción

En este capítulo se realiza un análisis de la transposición didáctica del concepto de diversidad biológica. Para ello se presenta el marco teórico, se establece su relación con los niveles de concreción curricular y se destaca la influencia de los manuales escolares en el proceso.

Seguidamente, se analiza la presencia de la temática “biodiversidad” y su tratamiento para la escuela secundaria según lo explicitado en los diseños curriculares de dos jurisdicciones de Argentina. Luego se describen las características de algunos recursos metodológicos utilizados en estudios de libros de texto, como el *análisis de contenido*, y se narra un estudio “mixto” (aproximación cuanti- y cualitativa) sobre una muestra de manuales escolares de Argentina. En el mismo se profundiza sobre los niveles de complejidad en el tratamiento de un contenido y en la programación curricular. Finalmente, se realizan algunas sugerencias para la enseñanza de la biodiversidad mediante una adecuada transposición didáctica y una cuidadosa *vigilancia epistemológica*.

1. ¿Por qué los manuales escolares se relacionan con la transposición didáctica y el currículum?

Michael Verret (1975), en un estudio realizado desde la sociología de la educación, reconoce que existen tres fenómenos en la presentación de los contenidos en la escuela: (a) *de-sincretización*, cuando se delimitan parcelas de saber descontextualizadas de las problemáticas que originalmente le dan sentido (como su anclaje social, su corpus teórico e implicancias metodológicas, etc.); (b) *despersonalización*, que ocurre cuando la publicación del saber permite que sea interpretado, reproducido y aplicado por otros; y (c) *programabilidad*, ya que se determina una progresión en la adquisición del saber, definiendo el orden en el que se estudian los distintos temas.

Desde el campo de la didáctica de las ciencias, Yves Chevallard (1991), autor de la teoría de la transposición didáctica, identifica además dos etapas en la serie de modificaciones del saber hasta que se trata en el aula. Por un lado, el conjunto de pasos por el que un *objeto de saber* (conocimiento científico y otros saberes) se transforma en *objeto de enseñanza*, pasando desde su inclusión en los diseños curriculares de una nación o jurisdicción hasta su planificación en una unidad didáctica y su ejecución, se denomina transposición didáctica en sentido amplio (*sensu lato*). Por otro lado, el proceso por el cual un “*objeto a enseñar*” presente en los diseños curriculares se adapta para su enseñanza (objeto de enseñanza), se llama transposición didáctica en sentido estricto

(*sensu stricto*). Esta última fase se corresponde con lo que Chevallard denomina *trabajo interno* de la transposición, refiriéndose al hecho de que tiene lugar en el seno mismo del sistema educativo. En cambio, el proceso por el que se decide que un conocimiento sea enseñado en algún nivel del sistema educativo, transformándose en *objeto a enseñar*, es conocido como *trabajo externo* de la transposición.

Para Chevallard, el sistema educativo está integrado en la *noosfera* (o esfera de personas que piensan sobre el hecho educativo), por los padres de los estudiantes, los órganos políticos educativos (inspectores, etc.), asociaciones de docentes (como la Asociación de Docentes de Ciencias Biológicas de Argentina, ADBiA) y por especialistas de las distintas disciplinas. Ellos son los que, junto con las editoriales, toman decisiones o trabajan en el exterior del proceso de transposición. En este contexto, para Chevallard el sistema educativo se encuentra en equilibrio cuando se cumplen dos condiciones: (a) que el *saber enseñado* sea visto por los científicos como suficientemente cercano al *saber sabio*, hecho que legitima el proceso educativo como proyecto social; y, (b) que el *saber enseñado* esté alejado de lo que saben los padres de los estudiantes (o saber banalizado en la sociedad, para lo que la escuela no justificaría su existencia). El autor señala que cuando existe un determinado desequilibrio el saber se desgasta en dos sentidos: (a) uno *biológico*, ya que lo que se enseña se hace viejo en relación al conocimiento de referencia, y otro (b) *moral*, debido a que no representa un cambio significativo frente a las generaciones precedentes.

En este marco, los libros de texto adquieren relevancia particular ya que, como indican Cobo y Batanero (2004), si un primer nivel de transposición se establece en los currículos, documentos y programas oficiales, los manuales escolares constituirían el segundo peldaño del proceso transpositivo. Su fuerte influencia se debe a que constituyen una ayuda inestimable para el profesor en el trabajo diario del aula, ofreciendo una concepción legitimada del saber a enseñar. De allí que el manual escolar forma parte del *cruce de prácticas* con el que puede ser entendido el currículum (Angulo, 1994), pues se entrecruzan lo prescripto o establecido en los programas, la propuesta áulica del docente, el contenido y su presentación en los libros de texto, los intereses y conocimientos de los alumnos, etc. Bueno, Sánchez y Valcárcel (2008) señalan que en España los libros de texto han sustituido tradicionalmente al currí-

culo oficial, desconociendo incluso los programas nacionales, ya que también son una herramienta de actualización para el profesorado. Los manuales escolares han mejorado su imagen y diseño a lo largo de los años y han incorporando de manera progresiva cada vez más actividades, a la vez que un buen número de profesores ha adquirido el hábito de diversificar las fuentes bibliográficas usadas en clase (del Carmen, 2010). Sin embargo, se han descrito numerosos problemas en el tratamiento que realizan los libros de texto de la educación secundaria para distintas temáticas. Por ejemplo, para la diversidad biológica se cuestiona la descontextualización del ámbito axiológico y social (Martínez & García, 2009), el centrismo en las especies y su riqueza como único componente y atributo de la biodiversidad (Bermudez, De Longhi, Díaz & Gavidia, 2014; Bermudez & De Longhi, 2012), el desarrollo de más contenidos y de forma más llamativa para especies animales que para vegetales (Rodríguez, de las Heras, Pérez & de León, 2014), sobretodo de especies exóticas en detrimento de las nativas (Gavidia & Cristerna, 2000), y la presentación de conceptos de modo superficial o con errores conceptuales (Cardoso-Silva & Oliveira, 2013).

En la actualidad, la noción de biodiversidad emerge en la concepción de un nuevo paradigma, que se aleja del determinismo biológico usual y requiere su estudio de modo holístico y estructural en la enseñanza de la Biología (Gutiérrez, 2013). Es por ello que Chevallard (1991) destaca que el trabajo “con” la transposición resulta clave para el didacta, pues le permite **recapacitar, tomar distancia, poner en cuestión las ideas simples** y desprenderse de la familiaridad engañosa de su objeto de estudio. En una palabra, es lo que le permite ejercer su *vigilancia epistemológica*. Esta vigilancia del proceso de transposición busca evaluar constantemente la forma en la que se construyen conocimientos en la *noosfera* y en el sistema educativo propiamente dicho.

2. ¿Qué indican los diseños curriculares que debe enseñarse de la biodiversidad? Los casos de las provincias de Córdoba y Buenos Aires

La Ley Nacional 26.206 establece que en Argentina la Educación Secundaria (ES) es obligatoria y que constituye una unidad pedagógica y organizativa destinada a quienes hayan cumplido con la Educación Primaria (EP) (Art. 29). Con esta ley, sancionada en 2006, se cambian las denominaciones anteriores de Educación General Básica (EGB) por EP y ES, además de facultar a las jurisdicciones a optar por dos estructuras posibles: 6 años para EP y 6 años para ES, o 7 para EP y 5 para ES (Ferrero, 2012). En el currículo de la ES de cualquier estructura y en el último curso de la EP de 7 años se encuentra incluida la temática de la “biodiversidad”, por lo que se torna necesario el análisis de los diseños curriculares. En los párrafos siguientes se analizan dichos documentos para dos de las jurisdicciones más populosas de nuestro país (en donde la implementación de la EP y ES han asumido estructuras diferentes), haciendo alusión a la presencia y forma en que se trata la “diversidad biológica”.

2.1 Provincia de Córdoba

La ES se organiza en dos ciclos: uno Básico (CB, primeros tres años) y otro Orientado (CO, últimos tres años). Según Ferrero (2012), los diseños curriculares para ciencias naturales de la EGB3 han cambiado desde un currículo disciplinar a una propuesta de área como ciencia coordinada. En la actualidad, la Biología forma parte de dos espacios curriculares del CB; uno en el primer curso (denominado “Ciencias Naturales-Biología-”) y otro en el segundo curso (Biología). Para el ciclo, se reconocen como los principales conceptos estructurales a la “diversidad” junto con la “organización, unidad, interacción y cambios” (Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba [MEPC], 2011, p. 52), a la vez que se refuerza la consideración de su evolución a través del tiempo “posibilitando la comprensión de mecanismos relacionados con la continuidad de la vida y de los procesos vinculados a los cambios de los seres vivos” (p. 53), tanto a nivel genético, específico y de ecosistemas. En la Tabla 1 se presentan los objetivos, aprendizajes y con-

tenidos relacionados con la diversidad biológica en el CB, donde queda plasmada su conceptualización como trilogía. Aunque la definición de la biodiversidad en estos diseños curriculares es superadora de la presente en los lineamientos provinciales anteriores (Bermudez & De Longhi, 2012), interpretamos que los contenidos están centrados en las especies y en la diversidad de células como consecuencias de la evolución. Este enfoque evolutivo podría determinar que la biodiversidad se asocie a la diversidad taxonómica y que, con ello, se enseñe un concepto desactualizado de la biodiversidad. Esto además reduciría a la Biología a un modelo fuertemente a-teórico, basado en la nomenclatura (lenguaje riguroso) y en la taxonomía (clasificación tipológica) (Adúriz-Bravo & Erduran, 2003).

Resulta conveniente aclarar que otros aspectos del tratamiento de la biodiversidad se encuentran dentro de las ciencias sociales, especialmente en Geografía, para dotar a los estudiantes de las “herramientas analíticas básicas para interpretar críticamente el mundo de hoy, comprendiendo la interrelación entre la sociedad, el marco natural y los conflictos que de ella se derivan” (MEPC, 2011, p. 86). En este sentido, en el espacio curricular del primer curso “Ciencias Sociales-Geografía-” se estudia la diversidad de ambientes de América, identificando recursos naturales y valorando el desarrollo sustentable, a la vez que se persigue el reconocimiento y análisis de los principales problemas ambientales resultantes de las actividades humanas. Luego de su desaparición en el segundo curso, la “Geografía” adquiere estatus de disciplina separada en el tercero, donde propone en sus objetivos “desarrollar sensibilidad frente a las problemáticas ambientales y sociales e interés por aportar al mejoramiento de las condiciones de vida” (MEPC, p. 91). Para su cumplimiento, los contenidos son similares a los del primer curso, pero acercando las problemáticas ambientales a los contextos nacionales, regionales y locales.

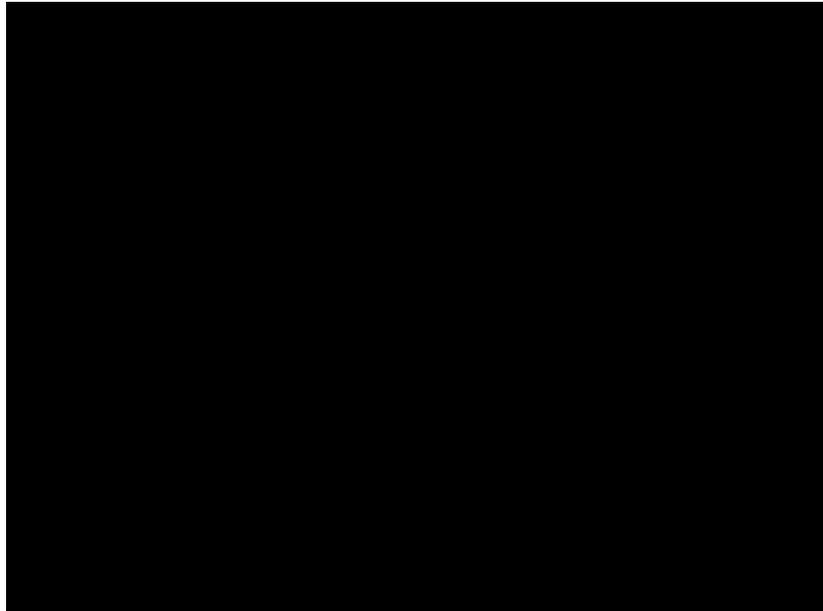


Tabla 1. Extracto de los diseños curriculares de Córdoba para los espacios curriculares “Ciencias Naturales-Biología” (primer curso) y “Biología” (segundo curso) en relación con la biodiversidad para el ciclo básico de la educación secundaria (eje “Los seres vivos: diversidad, unidad, interrelaciones, continuidad y cambio”). * Biología desaparece del mapa curricular en el 3° curso.

Para el CO, la provincia de Córdoba adopta las diez orientaciones acordadas en la Resolución N° 84/09 (Art. 6) del Consejo Federal de Educación, entre las que se encuentra “Agro y Ambiente” y “Ciencias Naturales”. En este último caso, el contenido estructural fundamental del eje “unidad, diversidad, continuidad y cambio” es la “teoría de la evolución”, que “ocupa un lugar relevante en la enseñanza de la Biología, pues constituye una de las estructuras conceptuales fundamentales de esta ciencia en la actualidad” (MEPC, 2012, p. 74). A través del estudio de los mecanismos de la evolución los estudiantes podrán “interpretar los conceptos centrales de unidad, diversidad y continuidad de la vida en el planeta, su origen y los procesos de adaptación, así como los prin-

cipios de la selección natural” (p. 74). En relación con este ciclo, la Tabla 2 muestra los objetivos, aprendizajes y contenidos relacionados con la diversidad biológica, donde se observa que aunque el objetivo general de valorar la preservación de la biodiversidad (p. 76) abarque los tres años del ciclo, la biodiversidad se desarrolla principalmente en el quinto y sexto curso. En estos últimos se refuerza el enfoque evolutivo para explicar el origen de la riqueza de especies y sus adaptaciones al ambiente (quinto y sexto curso), y se incluyen las relaciones entre la diversidad biológica y su pérdida con la salud humana (quinto curso).

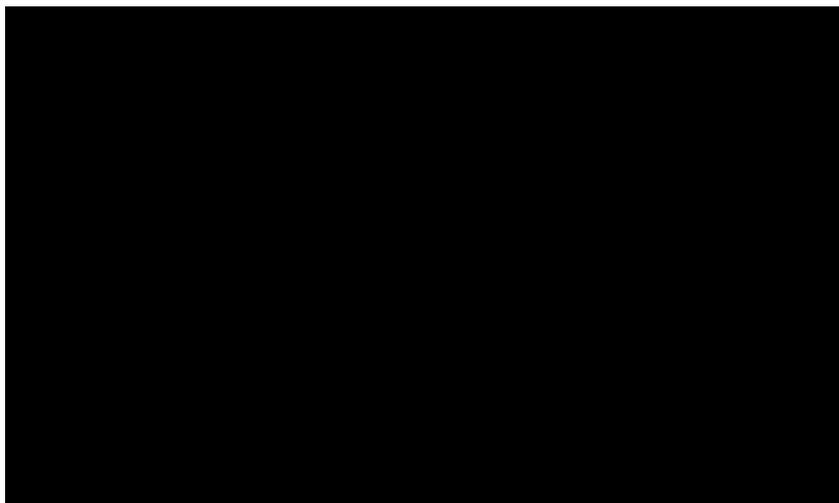


Tabla 2. Extracto de los diseños curriculares de Córdoba relacionados con la biodiversidad para los tres últimos cursos de la educación secundaria con orientación en Ciencias Naturales (eje “Los seres vivos: diversidad, unidad, interrelaciones, continuidad y cambio”). * Biodiversidad desaparece del espacio curricular Biología en el 4° curso.

Al tratamiento curricular anterior, la materia “Ciencias de la Tierra” del quinto curso utiliza la teoría de tectónica de placas para interpretar “cambios en la biodiversidad del planeta” (MEPC, 2012, p. 266) a una escala espacio-temporal mayor que en la Biología, a la vez que propone la articulación con ésta a través de preguntas como: “¿cómo fue la biodiversidad en el pasado? ¿Qué relaciones hay entre la canti-

dad de especies y la deriva continental?” (p. 270). Por otro lado, y tal como sucede con el CB, el contexto socio-político del tratamiento de la biodiversidad se excluye del espacio curricular Biología y es abordado por “Ambiente, Desarrollo y Sociedad” del sexto curso del CO, que desarrolla contenidos correspondientes a una ciencia medioambiental. En este caso, dentro de uno de sus ejes se tratan “los principales problemas ambientales globales: desertificación, deforestación, contaminación, pérdida de biodiversidad, calentamiento global, disminución del ozono atmosférico, lluvia ácida” (p. 280) y se estudia la “importancia de la protección de la biodiversidad” (p. 281).

A partir del análisis de estos diseños curriculares reconocemos que cuando se estudia la biodiversidad centrada en el número de especies no solo se dejan de lado componentes como las poblaciones, los grupos funcionales y las unidades de paisaje, sino que también el único atributo contemplado es la riqueza. Consecuentemente, quedan fuera de estudio otras propiedades como la abundancia relativa, la composición (identidad de los componentes), interacciones, rango, distribución espacial y temporal, etc. A pesar de este diagnóstico, resultan promisorias las expresiones que asocian la biodiversidad a la salud del humano, a la dinámica de los ecosistemas asociadas a actividades antrópicas, y a actitudes como la sensibilidad y respeto hacia los seres vivos y al medio en que viven. Por otro lado, en relación a los mapas curriculares y tal como se cuestiona Ferrero (2012), nos preguntamos “¿cómo [es posible] trabajar los contenidos con niveles de complejidad creciente, [en coherencia con un] enfoque constructivista, si [el diseño curricular] prescribe biología para primero y segundo [curso] del CB y la retoma en cuarto año del CO?” (p. 12). Y más aun, ¿cómo hacerlo cuando los contenidos de biodiversidad desaparecen en el tercer y cuarto curso de la ES? En este marco conviene destacar que si bien esta distribución puede ser cuestionable deja al descubierto la oportunidad que tenemos los docentes para trabajar en los intersticios del entramado curricular, transponiendo una conceptualización compleja de la diversidad biológica y adecuando las propuestas educativas a los proyectos institucionales y a los contextos socio-ambientales en los que trabajamos.

2.2 Provincia de Buenos Aires

A diez años de la implementación de la transformación del sistema educativo en 1996, la Dirección General de Cultura y Educación de Buenos Aires (DGCyE) elaboró una nueva propuesta pedagógica para la educación de los jóvenes bonaerenses que garantice la terminalidad de la escuela secundaria (DGCyE, 2006). De esta manera, la ES se organiza en 6 años de escolaridad distribuidos en 3 años de Educación Secundaria Básica (ESB) y 3 años de Educación Polimodal (EP) o Educación Secundaria Superior (ESS). Cabe destacar que a diferencia de lo ocurrido en la provincia de Córdoba, los primeros dos años de la vieja estructura del secundario fueron absorbidos por la anterior EGB, en una forma de “escuela primaria prolongada”.

El primer curso de la ESB (séptimo grado, según la estructura de la EP y ES) posee cuatro conceptos organizadores: interacción, sistema, cambio y diversidad, entendida ésta como “variedad de manifestaciones dentro de un patrón de organización común” (DGCyE, 2006, p. 31). Los contenidos están organizados en ejes, entre los que se destaca “la interacción y la diversidad en los sistemas biológicos”, donde se estudia “la diversidad de formas y funciones como consecuencia del proceso evolutivo” (p. 38) en función de los niveles de organización de los seres vivos. Rescatamos que se explicita una noción de progresión en la propuesta al expresarse como objetivo la “ampliación de las ideas previas que los alumnos/as han construido con relación a la biodiversidad, su importancia y las causas y consecuencias de su alteración por parte de las actividades humanas” (p. 38), a través del análisis de textos periodísticos y de divulgación para dar al contenido una contextualización socio-histórica.

El mapa curricular del segundo curso (octavo grado, según la estructura de la EP y ES) indica que para la materia “Ciencias Naturales”, los contenidos de Biología se organizan en cuatro unidades, una de las cuales es “Evolución: origen y diversidad de las estructuras biológicas”. Con este eje se busca transmitir a los alumnos la idea de continuidad de los sistemas biológicos, que incluye “el origen común, la perpetuación a lo largo del tiempo y la diversificación” (DGCyE, 2007, p. 41). Aun cuando para este curso el enfoque continúe siendo evolutivo, lo que se plasma en que los contenidos se centren en las teorías del ancestro

común y de la selección natural, en el apartado “Oportunidades didácticas” se recomienda problematizar la enseñanza de la biodiversidad a través de reconocer la importancia de que existan variantes en una población y del análisis de los “efectos de la extinción de especies por impacto de las actividades humanas” (p. 46). Por otro lado, en la materia Geografía, la unidad de contenidos “Ambiente y recursos en América Latina” aborda el tema de la biodiversidad del espacio geográfico latinoamericano y los rasgos históricos de su valorización, completando el estudio biológico-evolutivo anterior con una perspectiva socio-política e histórica que reconozca “la variedad de los sistemas naturales, sus componentes y sus dinámicas y los modos en que ellos han sido valorizados y apropiados antes y después de la conquista y la colonización” (DGCyE, pp. 123-124).

En el tercer año de la ESB no figura el concepto de biodiversidad sino que se prioriza el modo de pensamiento fisiológico por sobre el ecológico y evolutivo. De este modo, los contenidos se centran en las relaciones estructurales y funcionales de los organismos (enfoque morfo-funcional), y conciben a los sistemas biológicos y su diversidad como producto de su historia evolutiva y a la adaptación como selección de variantes dentro de poblaciones variables, en interacción con un ambiente cambiante” (DGCyE, 2008, p. 48).

En el Ciclo Superior de la ES orientada en Ciencias Naturales se “sostienen y profundizan las concepciones didácticas y epistemológicas que sustentaron la selección de las materias, los contenidos y los enfoques para la enseñanza de las Ciencias Naturales durante el CB” (DGCyE, 2010a, p. 10). La Biología forma parte de dos tipos de formación, una común y otra orientada, que aporta conocimientos conceptuales y metodológicos específicos del área. En el cuarto curso, cierto aspecto de la biodiversidad figura indirectamente en la unidad 3 “Unidad y materia en los ecosistemas” de Biología, cuando se estudia la dinámica de los ecosistemas y los impactos ambientales derivados de los agroecosistemas. En tanto, en Geografía de este curso, la unidad 2 “La desigual distribución mundial de los recursos. Problemas ambientales y geopolíticos asociados” propone un enfoque más político-social con el aprendizaje de “la desigual responsabilidad de los países en la génesis del calentamiento global y las consecuencias sobre la biodiversidad” (DGCyE, 2010b, p. 24).

En el quinto curso de la ESS los contenidos de Biología relacionados con la diversidad biológica son la “biología de poblaciones” y “el origen de la variabilidad genética”. Las orientaciones didácticas para enseñar estos contenidos los asocian a problemáticas como la pérdida de biodiversidad, ligada a la modificación genética de los organismos y a las distintas teorías que explican el origen de la biodiversidad existente o pasada. Para el mismo curso, la materia Ciencias de la Tierra propone el análisis de la biodiversidad a través de la utilización de la teoría de tectónica de placas para justificar cambios en la diversidad biológica del planeta. Por último, el espacio curricular Geografía vuelve a retomar el carácter social para estudiar la problemática de los bienes comunes de la tierra y su relación con los problemas ambientales (unidad 2). En esta materia se avanza en el estudio de:

la destrucción de bosques nativos por la introducción de cultivos industriales, la obtención de maderas, leña y carbón vegetal. La destrucción de la biodiversidad natural y cultural regional (el impacto en la cubierta vegetal, la afectación de la fauna silvestre y en la salud humana). (DGCyE, 2011a, p. 24)

Para el sexto curso de la ESS, el espacio curricular “Ambiente, desarrollo y sociedad”, que integra contenidos específicos de las ciencias naturales y sociales, aporta amplios marcos teórico-interpretativos de las problemáticas ambientales en general y para la biodiversidad en particular, como las consecuencias para la biodiversidad de la contaminación del suelo y del agua. Uno de sus ejes temáticos se denomina “Aire, agua, suelo y biodiversidad” y propone estudiar definiciones de la biodiversidad, su importancia, y “la pérdida de biodiversidad en el último siglo, sus consecuencias y posibles riesgos. Estrategias para la conservación de la biodiversidad” (DGCyE, 2011b, p. 159). A pesar de que se presume que existen varias conceptualizaciones de la biodiversidad, el documento no profundiza sobre las mismas, se centra en la riqueza de especies e incorpora la abundancia relativa como un nuevo atributo: “se trabajará la biodiversidad como la variedad de especies que existen en una región y los patrones naturales que la conforman, caracterizados de acuerdo con la riqueza (o número de especies que habitan en la región), abundancia relativa y diferenciación” (p. 164).

A partir del análisis de los diseños curriculares de Buenos Aires reconocemos que éste explicita y desarrolla el alcance social de la biodiversidad mucho más que los diseños de Córdoba, y sobre todo para el espacio curricular de Biología, a la vez que propone un enfoque ecológico e histórico, sumado al evolutivo.

3. ¿Cómo investigar el modo en que los manuales escolares de Argentina tratan el tema de la diversidad biológica?

Una metodología muy usada para trabajar con materiales bibliográficos es el *análisis de contenido*, que puede definirse como un conjunto de técnicas de análisis comunicacional tendiente a obtener indicadores (cuantitativos o no) por procedimientos sistemáticos y objetivos de descripción del contenido de ciertos mensajes, permitiendo la inferencia de conocimientos relativos a las condiciones de producción/recepción (variables inferidas) de los mismos (Bardin, 1986). Hernández, Fernández-Collado y Baptista (2006) señalan que el análisis de contenido se realiza por medio de la codificación; es decir, “el proceso en virtud del cual las características relevantes del contenido de un mensaje se transforman a unidades que permitan su descripción y análisis precisos” (p. 357). La *unidad de análisis* que se registra en el proceso de análisis está representada en general por un libro (como en el caso de este capítulo), una colección o una casa editorial, aunque también pueden ser palabras específicas como “biodiversidad”, “animal” o “conservación”. Luego se deben especificar las *categorías de análisis*, que finalmente caracterizarán a cada una de las unidades de análisis. Para realizar este proceso adecuamos una grilla de análisis elaborada por Bermudez et al. (2014), la que presenta categorías y sub-categorías para el tratamiento de los componentes y atributos de la biodiversidad en manuales escolares (Tabla 3), desglosando la definición dada por Díaz, Fargione, Chapin y Tilman (2006). En el trabajo de Bermudez et al. se probó que las categorías y sub-categorías cumplen con el requisito de ser *exhaustivas* (abarcan todas las posibles categorías y subcategorías de lo que se codifica), *mutuamente excluyentes* (cada unidad de análisis se clasifica en sólo una de las categorías o subcategorías), a la vez que se derivan del *marco teórico* y del *universo* o *muestra* de unidades de análisis (rigor interno y externo, sin que exista algún libro que no pueda ser categorizado).

Categorías	Subcategorías	Tipo de variable
Conceptualización	1. Definición	Catagórica nominal (presencia vs. ausencia)
Componentes	1. Genotipos / Poblaciones	Catagórica ordinal (ausencia, pres. implícita, pres. explícita)
	2. Especies	Catagórica ordinal
	3. Comunidades / Ecosistemas	Catagórica ordinal
	4. Trilogía de la biodiversidad	Catagórica nominal
	5. Paisajes	Catagórica ordinal
	6. Grupos funcionales	Catagórica ordinal
Atributos	1. Riqueza	Catagórica ordinal
	2. Frecuencia relativa	Catagórica ordinal
	3. Composición	Catagórica ordinal
	4. Rango	Catagórica ordinal
	5. Interacciones	Catagórica ordinal
	6. Distribución espacial	Catagórica ordinal

Tabla 3. Categorías de análisis de la transposición didáctica del concepto de biodiversidad en manuales escolares de educación secundaria y su transformación numérica.

En esta ocasión, además de registrar la *ausencia* se tuvo en cuenta distintos grados de *presencia* de las categorías y subcategorías nominales de la biodiversidad; es decir, un tratamiento *explícito* además de uno *implícito* o *indirecto* (categorías ordinales). Este último tiene lugar cuando un atributo o componente de la biodiversidad se desarrolla fuera del tratamiento específico de ésta (capítulo, sección o apartado) sin establecer conexiones lógicas o referencia alguna entre los conceptos (por ejemplo, cuando el contenido de “población biológica” se presenta junto a los niveles de organización biológica y se excluye de la conceptualización de la biodiversidad). Otras veces, las relaciones conceptuales del texto hacen referencia o forman parte de una determinada conceptualización sin que se la defina, como es el caso de la “composición de especies” en un capítulo o apartado que desarrolla el tema “ecosistemas”: “Una de las acciones negativas del ser humano sobre el ambiente consiste en introducir especies foráneas o exóticas, sin medir las consecuencias que pueda provocar sobre las especies nativas de una región” (I.Adragna,EST.2013, p. 196). Por el contrario, el tratamiento *explícito* de un componente o atributo de la biodiversidad es aquél “anclado” en la conceptualización misma de la diversidad biológica, o con alguna relación

directa a ésta. Por ejemplo, al tratar sobre la biodiversidad, los recursos naturales y la sobreexplotación, el manual “1.Aletti,SAN.2000” afirma “Biodiversidad genética: atañe a la información presente en los genes de todos los organismos (plantas, animales, hongos y microorganismos), que se da dentro y entre las poblaciones de especies así como entre especies diferentes” (p. 247).

La población (N) identificada para el estudio que estamos comentando fue la constituida por los manuales escolares de Biología y Ciencias Naturales de la educación secundaria presentes en la ciudad de Córdoba. La muestra, en este caso, fue intencional (no aleatoria), y contempló un total de $n = 46$ manuales de CB ($n = 36$) y CO ($n = 10$) de trece casas editoriales (Aique, A-Z, Estación Mandioca, Estrada, Kapeluz, Longseller, Maipue, Pearson Educación, Puerto de Palos, Santillana, SM, Thomson Learning y Tinta Fresca), editados entre 1994 y 2013. Conviene destacar que las editoriales están radicadas en Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) o provincia de Buenos Aires, por lo que es un supuesto de este estudio que sus contenidos son organizados en función de los diseños curriculares de esas jurisdicciones.

El producto de la codificación, tal como señalan Hernández et al. (2006), son frecuencias de categorías; es decir, el número de veces que se repite cada categoría o sub-categoría (“cuántas unidades de análisis de clasificaron en cada una de las categorías” p. 364). Por ello, para el procesamiento de los datos de este capítulo se construyó una hoja de cálculo en donde cada fila fue ocupada por un manual escolar y cada columna por descriptores del nivel educativo (CB, CO) y del curso (1, 2, etc.). Luego, las categorías y sub-categorías fueron colocadas en columnas individuales.

El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de Chi cuadrado con el fin de determinar si las frecuencias observadas en la muestra de manuales escolares se alejan significativamente de lo esperado por azar (frecuencia esperada)¹. Los resultados se expresaron como porcentajes

¹ Para la prueba Chi cuadrado se realizan tablas de *frecuencias observadas* para las que, bajo algunos supuestos, se calculan los valores o intervalos de valores de la *frecuencia esperada*. Si ésta resulta menor a cinco en alguna casilla, aceptamos la prueba Chi-cuadrado cuando esta frecuencia no es mayor al 25 % de las casillas. En este estudio, se consideró un nivel de significación de $\alpha = 0.05$ (error de tipo I, que implica un 5 % de probabilidad de rechazar la hipótesis nula siendo verdadera).

de ocurrencia (%) y se transcribieron citas textuales para el tratamiento cualitativo de los datos. Por otro lado, los datos categóricos (presencia vs. ausencia) se transformaron en numéricos² para llevar a cabo un *análisis de componentes principales* (ACP) y así determinar un nuevo conjunto de variables, que permitan distinguir aquellos libros de texto que presenten la conceptualización de la biodiversidad más completa (en cuanto al número de componentes y atributos tratados) y más compleja (en relación con las relaciones establecidas entre los mismos)³.

El análisis cuantitativo de frecuencias de las categorías de análisis puede ser enriquecido con la aplicación de otros análisis cualitativos, involucrando la inter-conversión de los datos (de cuantitativos a cualitativos, y viceversa). En este sentido, los enfoques “mixtos” logran una perspectiva más precisa, completa y holística del fenómeno bajo estudio, logrando explorar y explotar mejor los datos (Hernández et al., 2006). En este estudio, luego de cuantificar los datos cualitativos a través del análisis de contenido, se revirtió el proceso con las dimensiones resultantes del ACP, las que pueden ser consideradas como *emergentes cualitativos* (Hernández et al., p. 760). Ello habilita, a su vez, el seguimiento de casos extremos y de niveles de complejidad en el tratamiento del contenido (ver pregunta cinco); es decir, las unidades de análisis más apartadas de los valores centrales de una distribución (libros de texto).

² A la variable categórica nominal “presencia” se dio un valor de “uno” (1) y a la “ausencia”, “cero” (0). Las variables ordinales fueron transformadas del siguiente modo: “presencia explícita” = 2, “presencia implícita” = 1, y “ausencia” = 0.

³ El ACP encuentra un nuevo conjunto de variables, denominados “componentes principales”, no correlacionadas entre sí (ortogonales), que explican la estructura de variación de los casos observados con una pérdida mínima de información. El sistema de coordenadas que explica la mayor varianza del conjunto de datos se denomina componente 1, mientras que la segunda coordenada, componente 2, y así sucesivamente. La proporción de variabilidad total explicada por estas componentes (o “lambdas”) se expresa como porcentaje. En los gráficos resultantes (“*bi-plots*”), las variables se grafican como vectores desde el origen (intersección entre componentes) y las observaciones (manuales escolares), como puntos. Conviene aclarar que la distancia entre las observaciones y las variables no tiene interpretación en el ACP, mientras que la dirección de éstas al origen sí aporta valiosa información. De este modo, los ángulos agudos y obtusos entre los vectores pueden ser interpretados como correlaciones entre variables (positivas y negativas, respectivamente), mientras que ángulos de 90° indican independencia.

4. ¿Cuál es el concepto de biodiversidad que transponen los libros de texto de Argentina?

La conceptualización de la biodiversidad estuvo presente en aproximadamente el 70 % de la muestra de manuales estudiados (Tabla 4), lo que representa un alto nivel de cobertura del tema. Sin embargo, estos niveles de tratamiento fueron inferiores, por ejemplo, a los obtenidos en estudio con libros de texto de España (Bermudez et al., 2014). Por otro lado, cuando analizamos el alcance que tiene la conceptualización de la biodiversidad se observó que los manuales que presentan la trilogía (es decir, el componente *genético*, *específico* y *ecosistémico*) no superan el 30 %. Con ello, si un docente eligiera al azar un libro de texto para dar a sus alumnos el tema “biodiversidad” (siendo altamente probable que corresponda al 71,7 % de los manuales no trata la trilogía) o se viera limitado en el acceso a los mismos, resultaría probable que las definiciones de la biodiversidad que encuentre estén en desacuerdo con lo expresado en los diseños curriculares y por la comunidad de científicos.

Categorías de análisis	Ausencia	Presencia	valor de p
Conceptualización	30,4	69,6	0,008
Trilogía de la biodiversidad	71,7	28,3	0,003

Tabla 4. Porcentajes de manuales escolares de Argentina que conceptualizan la biodiversidad y valor de “p” de la prueba Chi-cuadrado.

Ahora cabe preguntarnos ¿cuáles son los componentes de la biodiversidad que sí fueron tratados en los manuales analizados? Al respecto, la Tabla 5 indica que, a grandes rasgos, fue más frecuente encontrar la conceptualización de la diversidad biológica asociada con las “especies” de modo explícito (47,8 %). Ello condice, en parte, con el reduccionismo encontrado en los diseños curriculares (pregunta 2) y se expresa del siguiente modo: “Se entiende por diversidad biológica o biodiversidad a las variedades de especies que habitan en el planeta. También se puede hablar de la diversidad de especies de una región o de un ecosistema” (2.Massarini,KPZ.2001, p. 3).

En relación con los componentes poblacional y comunitario, se encontró que el 50 % de los libros de texto analizados no los trató. Sin embargo, algunos manuales abordaron el concepto de biodiversidad como trilogía; es decir, asociando a la vez sus componentes genético, específico y ecosistémico:

El concepto de biodiversidad incluye tres conceptos relacionados:
*La diversidad genética es la variabilidad que existe en la información genética entre los individuos de la misma especie. Hay conejos, por ejemplo, que poseen genes para el pelaje claro u otros para el pelaje oscuro (...). *La diversidad de especies es la variedad de especies existentes en las diferentes partes del planeta, como los leones, tigres, yaguaretés o gatos. *La diversidad ecológica es la variedad de bosques, desiertos, lagos y otras comunidades biológicas que interactúan entre sí y con sus ambientes no vivos. (2.Carreras,SM.2009, p. 44)

Por otro lado, las unidades de paisaje y los grupos funcionales fueron omitidos por una significativa mayoría de los manuales escolares o fueron tratados de modo “indirecto” a la biodiversidad (Tabla 5). Por ejemplo:

Las especies clave: en los agroecosistemas, algunas especies cumplen funciones únicas e irremplazables, como los microorganismos responsables de la descomposición de materia orgánica. Si en el ciclo algún elemento llegara a faltar la población de una de estas especies, a las que los ecólogos llaman especies clave, dicho ciclo se interrumpiría y esto afectaría a la dinámica de todo el ecosistema. Cuando una función es realizada por múltiples organismos, la pérdida de una de las especies que la llevan a cabo tiene un escaso efecto sobre el ecosistema. (2.Adami,KPZ.2010, p. 278)

Por otro lado, en relación con los atributos de la biodiversidad hemos encontrado un bajo porcentaje de cobertura en general, siendo la riqueza el más frecuente de todos (Tabla 5). Por ejemplo, el texto “Pol. Bombara,PP.2001” menciona que “una medida de la biodiversidad es el índice de diversidad, que sirve para caracterizar a las comunidades y ecosistemas y que abarca dos aspectos fundamentales: 1) la riqueza de especies, es decir el número de especies que componen la comu-

nidad...”. Sin embargo, el 41,3 % de los manuales hizo referencia a la abundancia absoluta (asociada a las especies) sin conceptualizarla o relacionarla explícitamente con la biodiversidad (Tabla 5). El mismo patrón de resultados fue el hallado para la abundancia relativa, pero sólo con un porcentaje de cobertura del 8,7 % al presentar y conceptualizar índices de diversidad de especies como el de Shannon o Simpson:

[luego de desarrollar el concepto de biodiversidad] La forma más intuitiva y sencilla de expresar la diversidad es hacerlo en términos de la cantidad de especies que viven en una determinada región. Aunque los ecólogos siguen discutiendo actualmente acerca de cuál es la manera más adecuada de medir la diversidad, una de las formas más aceptadas es por medio de índices que toman en cuenta no sólo la cantidad de especies que habitan en una determinada área, sino también la abundancia relativa de individuos de cada especie. (3.Bassarsky,KPZ.2005, p. 123)

Por el contrario, la mayoría de los manuales desarrolló indirectamente la abundancia relativa, mostrando gráficos con las proporciones de seres vivos según alguna categoría taxonómica (como reinos, *phyla*, clases, etc.) o mediante expresiones no relacionadas explícitamente con la biodiversidad (Tabla 5), como:

la abundancia de especies, es decir, el número de individuos de cada población. Si sólo se considerara la riqueza, se estaría pasando por alto que en la comunidad algunas especies pueden ser raras, es decir presentar baja abundancia, mientras que otras resultan más comunes. (Pol.Bombara,PP.2001, p. 308)

El resto de los atributos de la biodiversidad de la Tabla 5 estuvieron prácticamente ausentes de los libros de texto, con la excepción de las “interacciones”, que se desarrollaron principalmente en relación con las redes tróficas (interacciones alimentarias entre especies) o los distintos grados de simbiosis (comensalismo, parasitismo, etc.).

En conclusión, los manuales escolares analizados representan el concepto de biodiversidad con el de riqueza específica, y pocas veces desarrollan conjuntamente los componentes de la trilogía de la biodiversidad o atributos diferentes al de abundancia absoluta (riqueza), tal como especifican los lineamientos curriculares. Esto podría influir negativamente el proceso de conceptualización por parte de los estudiantes, por lo que se recomienda a los profesores -quienes concretan el proceso de transposición didáctica en las aulas-, la cuidadosa elección y la *vigilancia epistemológica* de los manuales de texto con el fin de evitar el estudio de visiones incompletas y desactualizadas de la biodiversidad.

Categorías de análisis	Ausencia	Presencia		valor de p
		Implícita	Explícita	
<i>Componentes</i>				
Genotipos/Poblaciones	50,0	21,7	28,3	0,049
Especies	23,9	28,3	47,8	no significativo
Comunidades /Ecosistemas	50,0	23,9	26,1	no significativo
Paisajes	93,5	6,5	0,0	< 0,001
Grupos funcionales	95,7	4,3	0,0	< 0,001
<i>Atributos</i>				
Riqueza	30,4	41,3	28,3	no significativo
Abundancia relativa	63,0	28,3	8,7	< 0,001
Composición	76,1	21,7	2,2	< 0,001
Rango	100,0	0,0	0,0	no procesable
Interacciones	50,0	50,0	0,0	no significativo
Distribución espacial	95,6	2,2	2,2	< 0,001

Tabla 5. Porcentajes de manuales escolares de Argentina en los que se presentan las categorías de análisis correspondientes a los componentes y atributos de la diversidad biológica.

5. ¿Qué son los niveles de complejidad para el tratamiento de un contenido y cómo pueden identificarse en los libros de texto para el concepto de biodiversidad?

La noción de niveles de complejidad en el contenido supone una visión relativa del conocimiento en la que para cada objeto de aprendizaje concreto se reconoce la posibilidad de que existan diversos niveles de formulación (García, 1999). Asociada a este pensamiento, Giordan y De Vecchi (1988) están convencidos de que la adquisición de un saber

ha de construirse progresivamente, y es en este sentido que un *nivel de formulación* viene determinado por el conjunto de conocimientos necesarios para construir un enunciado, un estado de evolución en el desarrollo psicogenético y una práctica social (vivencia que constituye el soporte de la formulación del concepto). Estas ideas están relacionadas con la consideración de que el aprendizaje de *conceptos* asume una posición en una red de significados más densa y estable que la de un simple *hecho* o *dato*. En tal sentido, existen muchas formas de expresar un concepto, de acuerdo a los sentidos, tipo y número de conexiones lógicas que establezcamos con otros nexos de la red. Por el contrario, el aprendizaje de hechos y datos se guía por la “ley del todo o nada” en cuanto a que no existen mediatintas en su conocimiento (se sabe o no se sabe). Por ejemplo, en el contexto del tratamiento de la biodiversidad puede conocerse el número exacto de especies de mamíferos de Argentina clasificadas al presente, lo que constituye un “dato”, o saber que el “Convenio de la Diversidad Biológica se firmó en 1992”, lo que constituye un “hecho”. Sin embargo, existen varios niveles de complejidad en los que podemos expresar el concepto de “clasificación” o la noción misma de “biodiversidad”.

En relación con el gradiente de complejidad, el currículum oficial suele perseguir el tratamiento “en espiral” de ciertos contenidos, sobre todo aquellos estructuradores de la disciplina o con un alto grado de abstracción. A pesar de que ello sea a veces interpretado por el profesorado como una simple “repetición”, o que lleve a acuerdos de “compartimentalizar” el conocimiento para presentarlo “por partes” y sin superposición, este enfoque curricular se cimienta en la idea de construcción gradual y de complejidad creciente de los saberes. En este sentido, la instrucción se organiza en torno a ideas eje que son retomadas sucesivamente en los distintos niveles educativos, con un grado progresivo de profundización. En el caso de los diseños curriculares analizados en la pregunta 2, se puso en evidencia que la enseñanza de la biodiversidad que se explicita adquiere diferentes enfoques, alcances, aplicaciones y relaciones temáticas a medida que se avanza en la escolaridad, lo que permite ir abordando la noción desde ángulos diferentes y ampliando su significado.

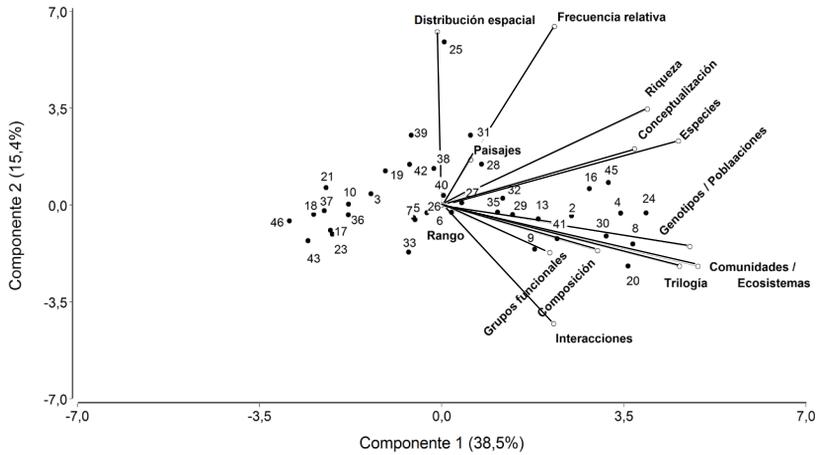


Figura 1. Bi-plot del análisis de componentes principales para las categorías de análisis del tratamiento de la biodiversidad (Tabla 4 y Tabla 5, en negrita y representadas por círculos blancos) en libros de texto de Argentina (identificados por números y representados por círculos negros).

Considerando ahora los niveles de complejidad en el tratamiento de la biodiversidad que realizan los manuales escolares, la Figura 1 muestra el “bi-plot” del análisis de componentes principales (ACP) para las categorías de análisis de las Tablas 4 y 5. En la misma puede observarse que el componente 1 explica el 38,5 % de la variabilidad de los datos, frente a un 15,4 % del componente 2). Por otro lado, las variables más correlacionadas con el componente 1 fueron los constituyentes de la biodiversidad incluidos en la trilogía (genotipos / poblaciones, especies y comunidades / ecosistemas), la trilogía misma, el atributo “riqueza” y la conceptualización.

Teniendo en cuenta los ángulos que separan a cada uno de los vectores podemos decir que la conceptualización de la diversidad biológica se asoció al número de especies (variables positivamente correlacionadas entre sí) y que cuando se trató la trilogía de la biodiversidad, incluyó, claramente, a los “genotipos / poblaciones” y a las “comunidades / ecosistemas” (variables positivamente correlacionadas entre sí). Relacionadas a estas variables, aunque con un “peso” menor en el

componente 1, se ubicó la “composición”, “grupos funcionales”, “interacciones” (con valores negativos de autovector en el componente 2) y la “frecuencia relativa” (con autovector positivo en el componente 2).

Por otro lado, en la Figura 1 pueden observarse puntos numerados que representan casos (libros de texto analizados). La nube de puntos que se genera no es aleatoria sino que guarda un patrón que describe la asociación de los manuales escolares con las categorías de análisis empleadas. En este sentido, varios casos no se relacionan con ninguna variable, por ejemplo, los libros referenciados como 46, 43, 21, 10, etc., mientras que otros como el 28 y 31 se asocian a las variables “paisajes” y “frecuencia relativa”. Dada la distribución de los casos y variables de la Figura 1 puede decirse que los manuales ubicados en el margen derecho (con valores positivos en el componente 1) son los que presentan una conceptualización de la biodiversidad con un mayor número de componentes y atributos.

Teniendo en consideración las ventajas y oportunidades de las investigaciones “mixtas” (tal como se señalara en la pregunta anterior), y tomando como base los resultados cuantitativos del ACP, se crearon niveles para agrupar a los libros de texto según niveles de complejidad en un proceso interpretativo (carácter cualitativo). Estos niveles (cuatro) fueron establecidos según el “peso” identificado en el ACP de las categorías de análisis de las Tablas 4 y 5 y según la profundidad del tratamiento conceptual (Figura 2).

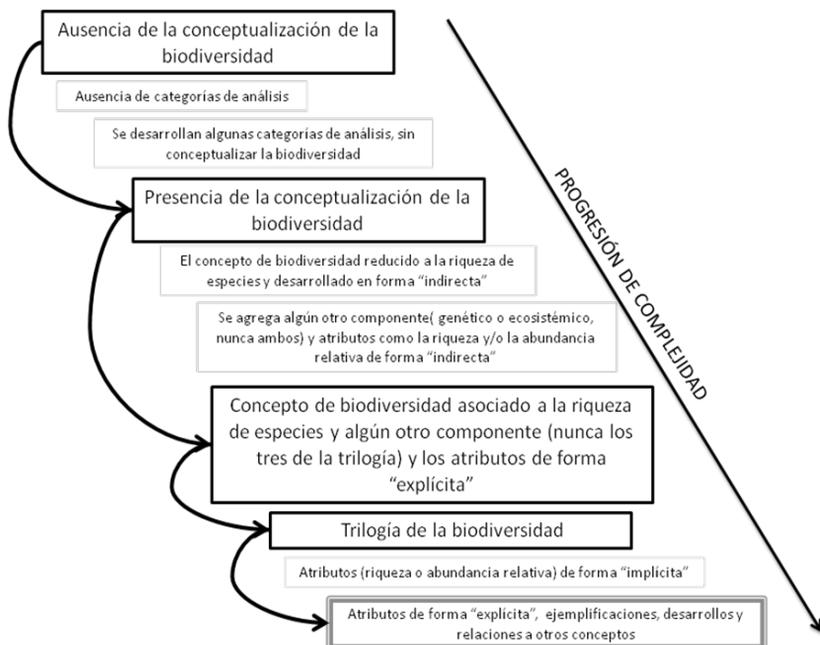


Figura 2. Esquema de los niveles de complejidad del tratamiento de la biodiversidad que realizan los manuales escolares tras un análisis cualitativo del resultado de las categorías representadas en el Componente 1 de la Figura 1 (ACP).

Como resultado, el nivel de complejidad más bajo está conformado por cinco libros que no presentaron desarrollo alguno de los conceptos considerados en la grilla de análisis, ni siquiera de forma indirecta. Un subnivel más avanzado está constituido por nueve libros que, si bien no conceptualizan la diversidad biológica desarrollan de forma implícita algunos de las categorías o subcategorías de la grilla de análisis (Tablas 4 y 5). El conjunto de estos manuales se encuentra agrupado a la izquierda en el bi-plot (Figura 1). Niveles de complejidad intermedios en el tratamiento de la biodiversidad (Figura 2) surgen al conceptualizar la biodiversidad con algún componente o atributo de forma "indirecta". Un nivel avanzado de complejidad está representado por los libros de texto que explicitan los componentes de la trilogía y algún atributo

como la abundancia relativa de forma “implícita” (casos ubicados al centro-derecha de la Figura 1). Finalmente, el último “peldaño” de la progresión en el tratamiento de la biodiversidad tiene lugar cuando a lo anterior se suma el tratamiento explícito de los atributos, ejemplificaciones, desarrollos y relaciones a otros conceptos (recuadro gris de la Figura 2). Los manuales escolares de este nivel se ubican en el extremo derecho de la Figura 1, y para el cual presentamos el siguiente ejemplo:

La biodiversidad del planeta resulta imprescindible no solo por la subsistencia de las especies sino, además, porque el hombre puede gozar de sus beneficios como fuente de recursos de materia prima para la alimentación, la construcción y la vestimenta, entre otros. En los laboratorios farmacológicos se estudian nuevas drogas que se extraen de especies provenientes de ecosistemas de todo el mundo. Las especies agrícolas comerciales se diversifican gracias a las variantes genéticas que se hallan en la naturaleza. Los grandes ecosistemas regulan el ciclo del agua. Además, las especies vegetales protegen los suelos, absorben gases atmosféricos y regulan la presencia de ciertas sustancias tóxicas. (2.Adami, KPZ.2010, p. 31)

Por último, si consideramos las relaciones entre los libros de texto y los lineamientos curriculares podrían encontrarse cuatro escenarios posibles: que los manuales escolares (a) sean completamente independientes de las explicitaciones curriculares, (b) guarden una relación uno a uno con éstas, (c) superen los alcances del contenido y temáticas planteadas en los lineamientos, mostrando nociones más complejas y actualizadas de la biodiversidad, facilitando así la construcción del concepto de biodiversidad, y (d) muestren un atraso conceptual en relación al currículum oficial, ya sea por desactualización, falta de completitud o profundidad en el tratamiento del contenido. Tras el estudio cualitativo de la muestra de libros analizada se concluye que el escenario más frecuente al que se enfrenta un profesor de Biología a la hora de enseñar sobre biodiversidad es el “d” (desgaste biológico). Sin embargo, en casos puntuales se han observado manuales que suman nuevos alcances al tratamiento del tema según lo explicitado oficialmente, en ocasiones superándolo (escenario “c”), lo que no indica la existencia de una progresión en el tratamiento de los libros equivalente al currículum oficial. Estos resultados ponen de relieve la necesidad de llevar a cabo

una correcta selección de los textos a utilizar en el aula y para el estudio individual, y de realizar la *vigilancia epistemológica* para alcanzar una adecuada transposición didáctica.

6. Considerando la transposición que promueven los libros de texto... ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar la diversidad biológica realizando una adecuada transposición y vigilancia epistemológica?

1) Se sugiere recolectar libros de Biología que se diferencien en: la fecha de edición, la editorial, el curso, el nivel educativo (primario, CB, CO, universitario), para identificar las definiciones en el texto principal, paratextos, glosarios, etc. y clasificarlas en función de su grado de completitud. Un grado ulterior de análisis puede realizarse si se tiene en cuenta por ejemplo, la evolución a lo largo del tiempo de una casa editorial a través de las distintas ediciones de los libros, o comparando los manuales agrupados según la reforma curricular a la que respondieron.

2) El tratamiento de la biodiversidad por niveles de complejidad, como de cualquier otro concepto, admite la realización de *mapas o redes conceptuales* que plasmen los conceptos y las relaciones entre éstos por nexos lógicos. La realización de estos mapas con los alumnos en distintos momentos del desarrollo del tema en la unidad didáctica concreta y hace visible el alcance y complejidad del contenido. Además facilita que los alumnos reflexionen sobre su propio proceso de aprendizaje (metacognición).

3) Los libros de texto presentan muchas veces gráficas y fotografías de organismos con el fin de estudiarlos o ejemplificar algún concepto. ¿Pero qué muestran? ¿Existe una preferencia por fotografías de animales, incluso de mamíferos “amigables” y “carismáticos”? Se sugiere analizar la información que aportan los epígrafes y el contenido de la imagen en función de criterios como estatus de las especies exhibidas (nativas, exóticas, etc.), clasificación taxonómica, etc. en los capítulos de los manuales relacionados con la biodiversidad.

Referencias bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A. & Erduran, S. (2003). La epistemología específica de la biología como disciplina emergente y su posible contribución a la didáctica de la biología. *Revista de Educación en Biología*, 6(1), 9-14.
- Angulo, J. F. R. (1994). ¿A qué llamamos currículum? En J. F. R. Angulo & N. Blanco. (Eds.), *Teoría y desarrollo del currículum* (pp. 17-29). Málaga: Aljibe.
- Bardin, L. (1986). *El análisis de contenido*. Madrid: Akal/Universitaria.
- Bermudez, G. M. A. & De Longhi, A. L. (2012). Análisis de la Transposición didáctica del concepto de biodiversidad. Orientaciones para su enseñanza. En A. Molina, C. A. Martínez & O. Gallego. (Eds.), *Algunas aproximaciones a la investigación en educación en enseñanza de las ciencias naturales en América Latina* (pp. 115-153). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Bermudez, G. M. A., De Longhi, A. L., Díaz, S. & Gavidia, V. (2014). La transposición del concepto de diversidad biológica. Un estudio sobre los libros de texto de la educación secundaria española. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 285-302.
- Bueno, A. D. P., Sánchez, G. B. & Valcárcel, M. V. P. (2008). Análisis de los libros de texto de física y química en el contexto de la Reforma LOGSE. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 193-210.
- Cardoso-Silva, C. B. & Oliveira, A. C. D. (2013). Como os livros didáticos de biologia abordam as diferentes formas de estimar a biodiversidade? *Ciência & Educação*, 19(1), 169-180.
- Chevallard, Y. (1991). *La Transposición Didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.
- Cobo, B. M. & Batanero, C. (2004). Significado de la media en los libros de texto de secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(1), 5-18.

- del Carmen, L. (2010). Los materiales de desarrollo curricular: un cambio imprescindible. *Investigación en la Escuela*, 72, 53-60.
- Díaz, S., Fargione, J., Chapin III, F.S. & Tilman, D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS Biology*, 4(8), e277. Extraído el 10 de Septiembre, 2014, de <http://journals.plos.org/plos-biology/article?id=10.1371/journal.pbio.0040277>
- Dirección General de Cultura y Educación de Buenos Aires, DGCyE. (2006). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria. 1° año ESB*. Coordinado por A. Zysman & M. Paulozzo. 2° edición. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.
- DGCyE. (2007). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria. 2° año SB*. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.
- DGCyE. (2008). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria. 3° año EB*. Coordinado por C. Bracchi. 1° edición. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.
- DGCyE. (2010a). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria Ciclo Superior. Orientación Ciencias Naturales. ES4*. Coordinado por C. Bracchi. 1a ed. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.
- DGCyE. (2010b). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria Ciclo Superior. Orientación Ciencias Naturales. ES4: geografía*. Coordinado por C. Bracchi. 1a ed. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.
- DGCyE. (2011a). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria Ciclo Superior. Orientación Ciencias Naturales. ES5: geografía*. Coordinado por C. Bracchi. 1a ed. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.
- DGCyE. (2011b). *Diseño Curricular para la Educación Secundaria Ciclo Superior. Orientación Ciencias Naturales. ES6: ambiente, desarrollo y sociedad*. Coordinado por C. Bracchi. 1a ed. La Plata: Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires.

- Ferrero, M. T. d. R. (2012). Los procesos del diseño curricular del área Ciencias Naturales/EGB3 Argentina en la última década, ¿diversidad de tradiciones o contradicciones? *Boletín Biológica*, 26(6), 4-15.
- García, J. E. (1999). Una hipótesis de progresión sobre los modelos de desarrollo en Educación Ambiental. *Investigación en la Escuela*, 37, 15-32.
- Gavidia, V. C. & Cristerna, M. D. (2000). Dimensión medioambiental de la ecología en los libros de texto de la educación secundaria obligatoria española. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 14, 53-68.
- Giordan, A. & De Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla. Diada.
- Gutiérrez, S. G. H. (2013). Aspectos históricos y epistemológicos del concepto biodiversidad. *Bio-grafía: Escritos sobre Biología y su Enseñanza*, 6(10), 84-93.
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. Méjico: Mc Graw Hill.
- Martínez, F. J. B. & García, J. G. (2009). Análisis del tratamiento didáctico de la biodiversidad en los libros de texto de Biología y Geología en Secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 23, 109-122.
- MEPC. (2011). *Diseño curricular. Ciclo básico de la educación secundaria 2011-2015*. Tomo 2. Córdoba, Argentina: Secretaría de Educación.
- MEPC. (2012). *Diseño curricular de educación secundaria. Orientación ciencias naturales 2012-2015*. Tomo 4. Córdoba, Argentina: Secretaría de Educación.

Rodríguez, F. D. P. M., de las Heras, M. A., Pérez, R. R. F. & de León, P. C. (2014). El conocimiento escolar sobre los animales y las plantas en primaria: Un análisis del contenido específico en los libros de texto. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 97-114.

Verret, M. (1975). *Le temps des études*. Paris: Librairie Honoré Champion.

Códigos de manuales escolares y sus referencias bibliográficas

1.Adragna,EST.2013. Adragna, E., Liberman, D., Marcó, A., Mateu, M., Solonia, G., Velasco, F. & Venero, R. (2013). *Ciencias naturales 1 ES*. Serie Confluencias. Buenos Aires: Editorial Estrada.

1.Aletti,SAN.2000. Aletti, S. A., Baredes, C. F., Jaul, M. B., Sobico, C. I., Verza, A. A. & Taddei, F. P. (2000). *Ciencias Naturales 7*. EGB. Serie Claves. Buenos Aires: Santillana.

2.Massarini,KPZ.2001. Massarini, A. & Liascovich, R. (2001). *Biología 2. Genética y Evolución*. Biblioteca del Polimodal. Santa Fe de Bogotá: Kapeluz Editora S.A.

2.Carreras,SM.2009. Carreras, N. H., Caretti, M. & Bekinschtein, P. (2009). *Biología. Origen y Evolución de los Sistemas Biológicos. Función de Relación en los Seres Vivos*. Ciudad de Buenos Aires: SM.

2.Adami,KPZ.2010. Adami, S., Banús, M. del C., Bocchino, C., Figueroa, J., Fortunato, M.E., ... & Zacharias, C. (2010). *Biología para pensar: Intercambios de materia y energía de los sistemas biológicos: de la célula a los ecosistemas*. 2º año. Buenos Aires: Kapeluz Norma.

3.Bassarsky,KPZ.2005. Bassarsky, M., Westergaard, G., Levitus, G., Schipani, F., Folguera, A., Adamonis, S., ... & Fornasari, S. (2005). *Ciencias naturales 9*. 1º ed. Buenos Aires: Kapeluz, Norma.

Pol.Bombara,PP.2001. Bombara, N., Carreras, N., Cittadino, E.A., Conti, O., Cuniglio, F., García, M.C., ... & Vargas, D. (2001). *Biología Activa 4. Polimodal*. Madrid: Puerto de Palos.

Lecturas recomendadas

1) Gómez Mendoza, M. A. (2005). La transposición didáctica: historia de un concepto. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 1(Julio-Diciembre), 83-91.

Artículo que estudia el origen del concepto de transposición didáctica e indaga sobre las críticas iniciales, sus modificaciones y su alcance actual tanto en las ciencias experimentales como en las sociales.

2) Bonafé, J. M. (2002). *Políticas del libro de texto escolar*. Madrid: Ediciones Morata.

Libro que analiza al manual escolar como estrategia discursiva, como tecnología y por su influencia en el trabajo docente, proponiendo alternativas para la innovación y el cambio curricular.

3) Bermudez, G. M. A., De Longhi, A. L., Díaz, S. & Gavidia, V. (2014). El concepto de diversidad biológica en libros de texto de la educación secundaria española. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 285-302.

Artículo que investiga la transposición del concepto de biodiversidad que se promueve en los diseños curriculares y en una amplia muestra de manuales escolares de España.

4) Otero, M. R., Fanaro, M. A., Corica, A. R., Llanos, V. C., Sureda, P. & Parra, V. (2013). *La teoría antropológica de lo didáctico en el aula de matemática*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Dunken.

Libro que describe la teoría de Chevallard que continuó y amplió a la de la transposición didáctica original. Aplicaciones a clases de las matemáticas.

Sitios web recomendados

1) Diseños Curriculares de la provincia de Córdoba. (<http://www.igualdadycalidadcba.gov.ar/SIPEC-CBA/publicaciones/EducacionSecundaria/Tomos2v.html>).

Sitio oficial con documentos descargables de los Diseños Curriculares de la provincia de Córdoba actualizados al año 2014, tanto para el ciclo básico como para el orientado.

2) Curriculares de la provincia de Buenos Aires. (<http://cabalodefuego.wordpress.com/2012/11/10/educacion-secundaria-provincia-buenos-aires-2/>).

Blog conteniendo versiones descargables y actualizadas de los Diseños Curriculares de la provincia de Buenos Aires para todos los ciclos escolares y orientaciones.

3) Convenio sobre la Diversidad Biológica. (<http://www.cbd.int/intro/default.shtml>).

Sitio oficial del Convenio sobre la Diversidad Biológica, disponible en español, con el texto completo del convenio, la historia, definiciones, protocolos, noticias y programas destinados a su conservación.

4) Núcleos de Aprendizaje Prioritario. (<http://portal.educacion.gov.ar/secundaria/contenidos-curriculares-comunes-nap/>).

Sitio oficial del Ministerio de Educación de Argentina conteniendo los núcleos de aprendizaje prioritarios (NAP), dentro de los cuales hay materiales específicos y actualizados para la enseñanza de la biodiversidad.

5) Yves Chevallard. (<http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/index.php>).

Página personal del creador de la teoría de la transposición didáctica, donde sistematiza y ofrece versiones gratuitas de sus publicaciones y conferencias. El sitio y la mayoría de las producciones están en francés.

Autoevaluación

- 1) ¿Qué significa la transposición didáctica? Si asociáramos el concepto con un verbo, ¿cuál sería más apropiado: “filtrar” o “adaptar”? ¿Otro? ¿Por qué?
- 2) ¿Cuál es la influencia de los manuales escolares en el proceso de transposición y desde qué punto(s) de vista (económico, educativo, político, socio-cultural, religioso)? ¿Por qué?
- 3) ¿Por qué es importante analizar en profundidad cómo se desarrollan los contenidos relacionados con la diversidad biológica en los libros de texto? ¿Y en los diseños curriculares?
- 4) ¿Qué significa y qué implicancias tiene para el trabajo en el aula entender que los conceptos tienen distintos niveles de complejidad?
- 5) ¿Cuáles son los componentes y atributos de la biodiversidad que presentan los manuales escolares de Argentina? ¿Cuáles son los más “olvidados”?
- 6) ¿Qué actividades pueden hacerse con los alumnos para estudiar los procesos de textualización, la influencia de las editoriales y los conceptos de diversidad biológica?

Sobre los autores



Gonzalo M.A. Bermudez (derecha) es Doctor, Profesor en Ciencias Biológicas y Biólogo por la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Se desempeña actualmente como Profesor Adjunto en las cátedras de Didáctica General y Especial en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFYN, UNC). Es investigador asistente del CONICET. Su campo de trabajo se enmarca en el área de las concepciones sobre la diversidad biológica, la transposición didáctica y el discurso educativo. Dirige y participa como miembro de equipo de proyectos de investigación, de donde derivan diversas publicaciones internacionales. E-mail: gbermudez@com.uncor.edu

Laura C. Nolli (izquierda) es bióloga y estudiante del último curso del Profesorado en Ciencias Biológicas, ambas carreras en FCEFYN, UNC. Actualmente se desempeña como ayudante alumno en investigación en las cátedras de Didáctica General y Didáctica Especial del profesorado nombrado analizando el proceso de transposición didáctica del concepto de biodiversidad en manuales de texto. Trabaja como profesora de biología en una institución secundaria. E-mail: lauranolli@hotmail.com.

Capítulo 11. La enseñanza de las plantas como un obstáculo educativo y los caracteres de visibilidad ecológica que pueden ayudar a superarlo: ¿qué especies consideran nativas los estudiantes de Córdoba?

Gonzalo M.A. Bermudez y María Constanza García Capocasa

Universidad Nacional de Córdoba

Resumen

La enseñanza y el aprendizaje de las plantas presentan numerosos obstáculos como la “ceguera hacia las plantas”, fenómeno que refiere a la incapacidad que tenemos para ser conscientes de ellas. Por otro lado, algunas características de las flores o inflorescencias, como el tamaño, color y aroma, constituyen caracteres ecológicamente conspicuos que podrían disminuir nuestra frecuente “desatención hacia las plantas”. En un estudio realizado en la provincia de Córdoba se encontró que alumnos de escuela secundaria, al solicitarles un listado de plantas nativas, nombraron una mayoría de especies exóticas. Muchas de éstas son invasoras de los ecosistemas de Córdoba, tales como el “siempre verde”. Sin embargo, las especies que más menciones recibieron fueron el “algarrobo” (nativa), el “sauce” (origen mixto) y el “espinillo” (nativa). También se halló que los estudiantes de escuelas públicas del interior provincial nombran más cantidad de especies y de nativas de Argentina, a la vez que los varones de estos contextos mencionan más plantas nativas de Córdoba que sus compañeras mujeres.

Conceptos clave: diversidad vegetal, especie nativa, especie adventicia, especie exótica, ceguera hacia las plantas, visibilidad ecológica, caracteres ecológicamente conspicuos.

Introducción

Este capítulo tiene como propósito describir algunos de los principales obstáculos del conocimiento cotidiano que influyen en la enseñanza y aprendizaje de la diversidad vegetal y en la consideración del estatus de las especies (nativo, exótico, invasor). En este sentido, se profundiza sobre fenómenos conocidos como “ceguera” y “desatención hacia las plantas”. Por otro lado, se recopila información sobre los efectos emocionales inmediatos y a largo plazo de la percepción de las flores de algunas especies, principalmente en cuanto a su color, tamaño y aroma. A su vez, se narran los resultados de una investigación realizada en la provincia de Córdoba sobre el conocimiento de vegetales nativos de estudiantes del ciclo orientado de la escuela secundaria. Finalmente, se proponen tres actividades para la enseñanza y aprendizaje de la diversidad de plantas que pueden ser implementadas en la escuela.

1. ¿Por qué la enseñanza de las plantas en la escuela puede verse como un obstáculo?

En las instituciones escolares, el error suele entenderse como un fallo en la enseñanza o en la adquisición natural de conocimientos por parte del alumno; sin embargo, hay otras posturas que le dan al “error” un estatus epistemológico diferente. La noción que queremos destacar es aquella que, en palabras del epistemólogo Gaston Bachelard (1948), refiere a que el mismo no es un defecto de pensamiento sino el testigo inevitable de un proceso de búsqueda. En este sentido, más que tener un carácter reactivo –que se vuelca sobre la enseñanza buscando las causas de su ocurrencia- o de incertidumbre al indagar en la “mente” de los alumnos -fuera de la protección del saber académico establecido y prescripto en los diseños curriculares, por ejemplo-, nos interesa detectar las características que convierten al error en un verdadero obstáculo (Astolfi, 2003). Más que un simple impedimento, se entiende por *obstáculo* a formas de pensar arraigadas que en el pasado pudieron haber tenido cierto valor, pero que en un momento dado *obstaculizan* el progreso del conocimiento científico (Bachelard, 1948). Para Astolfi, el obstáculo no es el vacío de la ignorancia sino que es “constitutivo del acto de conocer” (p. 34), por lo que representa una forma de cono-

cimiento como cualquier otra. El obstáculo no se encuentra aislado, sino que forma un “tejido de errores contruidos, tenaces y solidarios” (p. 36) entre sí, de allí que sean resistentes a la refutación o *ruptura epistemológica*. Para que ésta ocurra, la tarea es ardua, pues consiste en “pensar en contra del cerebro”, a contracorriente, ya que el “obstáculo es una forma de pensar con la mente sentada en el sofá” (p. 34). En el contexto de este libro, ¿cuáles serían estas formas “fáciles” de aprender sobre plantas? ¿Con qué ideas que ideas construidas por los estudiantes en su vida cotidiana nos enfrentamos en la escuela?

Los investigadores en enseñanza de la Biología han comenzado a dar algunas respuestas. Lindemann-Matthies (2005) y Prokop, Prokop y Tunnicliffe (2007) señalan que cuando se enseña sobre plantas los profesores se encuentran con obstáculos como el considerar que su aprendizaje es menos interesante que el de animales. Las fotografías sobre plantas que exhiben los libros de texto parecen transitar el mismo camino de desinterés, ya que son menos numerosas y menos diversas que las de animales (Miranda, de las Heras, Pérez, & de León, 2014), lo que puede terminar influyendo en generar una actitud hacia las plantas más neutral que positiva (Prokop & Fančovičová, 2014).

Wandersee y Schussler (2001) han sistematizado esta serie de “síntomas” que ponen en evidencia la forma particular que tenemos las personas de entender a las plantas y de relacionarnos con ellas, en lo que han llamado síndrome de *ceguera hacia las plantas*. Algunas de sus características son:

- a) la incapacidad para ver y ser conscientes de las plantas que hay en nuestro entorno,
- b) pensar que las plantas no son más que el “telón de fondo” para la vida animal,
- c) el mal entendimiento de qué tipos de materia y energía requieren las plantas para mantenerse con vida,
- d) no distinguir entre las diferentes escalas de tiempo de las actividades de plantas y animales,

- e) carecer de conciencia de que las plantas son fundamentales para el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos (como el del carbono),
- f) la incapacidad para reconocer la importancia de las plantas en el medio ambiente y su impacto en las actividades humanas,
- g) la falta de sensibilidad hacia las cualidades estéticas y estructuras de las plantas, especialmente con respecto a sus adaptaciones, colores, dispersión, diversidad, hábitos de crecimiento, olores, tamaños, sensibilidad táctil, sabores y texturas.

La ceguera hacia las plantas puede manifestarse incluso en la apatía hacia el aprendizaje de sus nombres (Bebbington, 2005) o, como mencionamos anteriormente, en el desinterés generalizado hacia ellas (Schussler & Olzak, 2008). En conversaciones con sus estudiantes, Bebbington (2005) halló que la habilidad de nombrar e identificar los organismos guarda cierta irrelevancia para ellos, ya que es considerado un trabajo destinado a los especialistas. Sin embargo, en otro estudio, Balmford, Clegg, Coulson y Taylor (2002) encontraron que niños de 4 a 11 años de edad del Reino Unido podían identificar hasta el 80 % de un total de 150 imágenes con tipos de Pokémon –serie de juegos animados-, frente a menos del 50 % de las especies silvestres locales. Estos llamativos resultados deben ser mirados teniendo en cuenta que los educadores ambientales y biólogos de la conservación reconocen que los conocimientos básicos sobre las especies animales y vegetales, su identificación y características de su historia de vida son aspectos fundamentales para el aprendizaje y la comprensión de la biodiversidad en el marco de problemáticas ambientales y ecológicas (Randler, 2008).

Algunos estudios han descripto que los profesores solemos dedicar más tiempo a enseñar sobre animales que sobre organismos de otros reinos, lo que puede influir en la construcción de actitudes de desinterés hacia las plantas y otros grupos por considerarlos menos importantes, o porque sólo son alimento y cobijo para los animales. En una situación más extrema, Hershey (1996 citado en Wagler & Wagler, 2011) refiere a que los profesores de Biología podemos convertirnos en “zoochauvinistas” cuando fomentamos -consciente o inconscientemente- el eclipsamiento de las plantas. En relación con ello y con la ceguera hacia las plantas, Mack y Rock (1998) propusieron el concepto de *ceguera por desaten-*

ción, pues sostienen que el centrismo en los animales se debe a que, al no estar mediada la visualización por factores psicológicos que la hagan consciente y le otorguen significado (percepción), las plantas se vuelven “invisibles” al ojo inexperto. Al respecto, algunos factores fenomenológicos simples como la falta de movimiento de las plantas influyen en que el humano presente más dificultad en verlas y en darse cuenta de su existencia, en relación con objetos más dinámicos como son los animales (Gopnik, Meltzoff & Kuhl, 1999). Más allá del cuestionado estado de sesilidad de las plantas (relativizado por procesos como la polinización), los estímulos visuales generados por las flores o inflorescencias dirigen claramente nuestra atención hacia ellas. Sin embargo, cuando las plantas carecen de flores (como las coníferas, helechos, etc.) o cuando las angiospermas poseen flores poco conspicuas, homogéneas cromáticamente y superpuestas con el follaje, su detección se hace más dificultosa (Mack & Rock, 1998).

Por otro lado, Tunnicliffe (2001), estudiando las formas en las que los niños nombran y catalogan a los seres vivos, ha encontrado que la mayor parte del vocabulario inicial de un niño refiere a animales. En la comprensión cotidiana, el término “planta” suele hacer referencia a pequeñas angiospermas herbáceas, también llamadas genéricamente “flores” (Ryman, 1974). Los “árboles” quedan excluidos de este mundo referencial, tanto como las “malezas”, los “vegetales” –plantas o sus partes comestibles- y las “semillas”. En este sentido, y usando términos lingüísticos, “árbol”, “maleza”, “vegetal” y “semilla” son co-hiperónimos de la categoría “planta”.

A pesar de que los profesores tienen dificultades para mantener el interés de los alumnos en las plantas, la investigación didáctica ha comenzado a generar acciones específicas para superar los “obstáculos” arriba mencionados. Por ejemplo, del trabajo de Lindemann-Matthies (2005) se desprende que las clases atractivas y promotoras del aprendizaje a largo plazo tienen potencial para aumentar el interés y el aprecio por las plantas. Tunnicliffe (2001) sugiere que los profesores usen especímenes de plantas reales para enseñar los nombres y sus características y muestren la interdependencia entre plantas y animales en procesos clave de los ecosistemas. En la sección “Propuestas para el aula” de este libro se presentan más estrategias que pretenden lograr involucrar a los estudiantes en el aprendizaje sobre las plantas.

2. ¿Por qué las flores son tan importantes para tomar conciencia de la presencia de plantas?

Los seres humanos hemos cultivado flores por al menos 5000 años y hecho fragancias a partir de ellas por casi tanto tiempo. Las flores reflejan nuestras emociones y estados de ánimo, transmitiéndonos sentimientos de compasión, arrepentimiento, alegría y romance (Heilmeyer, 2001). También se utilizan para expresar sentimientos místicos y, en algunas religiones, se consideran una ruta directa para la comunicación espiritual (Haviland-Jones, Rosario, Wilson & McGuire, 2005). A su vez, algunas flores se utilizan para el adorno personal, tanto los pimpollos como sus esencias, en forma de perfumes. De hecho, la gran mayoría de fragancias personales comerciales presentan notas florales.

Haviland-Jones et al. (2005) reconocen que las flores tienen efectos inmediatos y a largo plazo sobre las emociones de las personas, el estado de ánimo, ciertos comportamientos sociales e incluso en la memoria. Pollan (2002) ha propuesto la teoría de *atracción floral* como una estrategia evolutiva orientada hacia el placer y la memoria. En otras palabras, el autor dice que existe un nicho evolutivo para las recompensas emocionales, al que especies muy alejadas de los mamíferos, incluso las plantas con flores, pueden adaptarse. Si las plantas con flores están explotando una especie de “nicho emocional humano”, se deben encontrar evidencias de que influyen en los estados emocionales y en las conductas cognitivas y sociales. Por ello, hemos distinguido tres caracteres florales de importancia contra la *desatención hacia las plantas*, los que pueden ser considerados *caracteres ecológicamente conspicuos*. Ellos son el color, el tamaño y el aroma de las flores o inflorescencias. A continuación describiremos brevemente cada uno:

♦ *Color*: Muchas plantas tienen flores de colores que atraen a los polinizadores como mariposas, abejas, aves, etc., lo que se denomina *síndromes florales bióticos*, o incluso, frutos coloridos que atraen la atención de animales que los dispersan junto con las semillas (zoocoria). Tanto como nuestros parientes cercanos, los primates, los seres humanos poseemos una visión tricromática que permite la distinción entre el azul, el verde y el rojo (Dominy, Svenning & Li, 2003). Sin embargo, la respuesta a estos colores no es idéntica, sino que las personas tenemos preferencia por este último, el rojo (Franklin, Bevis, Ling

& Hurlbert, 2010), en particular las mujeres (Hurlbert & Ling, 2007). Debido a que la rojez constituye una señal de maduración se piensa que la preferencia por el color rojo ha surgido evolutivamente como una estrategia para aumentar la probabilidad de encontrar frutos maduros en medio del follaje (Hurlbert & Ling, 2007; Prokop & Fančovičová, 2014). En última instancia, la atención a frutos rojos se vería influenciada por su valor como alimento en nuestro pasado ancestral y actual (Prokop & Fančovičová).

El efecto del color en nuestra apreciación de la diversidad también tiene otras implicancias. Prokop y Fančovičová (2013) demostraron recientemente que cuando se presentaron a estudiantes fotografías y dibujos de animales en colores contrastantes y aposemáticos¹, la disposición a protegerlos fue mayor que cuando sus colores eran crípticos (que se camuflan en el entorno). Estos autores señalan que los colores contrastantes aumentan el valor estético y la atención hacia los objetos coloridos, lo que puede mejorar la memorización a corto y mediano plazo. Es decir, que las chances de recordar a especies crípticas aumentarían si son coloreadas con tonos llamativos. En este sentido, Haviland-Jones et al. (2005) han encontrado que el contacto con flores llamativas incrementa las sonrisas y la intención de comunicarse con otros y de aproximarse físicamente para hacerlo. Para estos autores, las flores en general, y las cultivadas en particular, han evolucionado hacia la inducción rápida de emociones positivas en el ser humano. De hecho, Guéguen (2011) encontró que algunas mujeres se vuelven más receptivas a situaciones de cortejo de varones cuando hay flores en el ambiente. Ello indica que existiría una respuesta positiva asociada con la presencia y ofrecimiento de flores, alimentada a lo largo de nuestra historia evolutiva (Guéguen).

♦ *Tamaño.* En el proceso de domesticación las flores son generalmente seleccionadas para incrementar su tamaño y multiplicar el número de sus partes florales (especialmente pétalos y sépalos). Ambos cambios podrían señalar la presencia de mayores recursos para los polinizadores (Heerwagen & Orians, 1993) y llaman nuestra atención más fácilmente por ser más conspicuas.

¹ Término que indica la coloración de ciertos animales desagradables o tóxicos, caracterizada por las marcas visibles brillantes, que los depredadores reconocen y aprenden a evitar.

♦ *Aroma*. Una de las creencias más antiguas acerca de la percepción de los humanos es que tenemos un pobre sentido del olfato, lo que parece tener sustento científico. Estudios genéticos recientes muestran una disminución en el número de genes de receptores olfativos funcionales través de la evolución de los primates a los seres humanos. El registro antropológico señala que la evolución humana se ha caracterizado por el incremento gradual de la visión y la reducción del olfato, fenómenos asociados a una disminución progresiva de la boca y al desplazamiento de los ojos hacia el centro de la cara, lo que permitió la visión en profundidad (Shepherd, 2004). Sin embargo, el sentido del olfato es más importante de lo que se cree en realidad, ya que jugó un papel importante en la evolución de la dieta, del hábitat y del comportamiento social en el humano (Shepherd). En este sentido, los seres humanos podemos detectar el olor del miedo en el sudor (Chen & Haviland-Jones, 2000) y elegir una pareja cuyo olor corporal indica una composición genética “favorable” en términos evolutivos. A su vez, y más sorprendentemente, las madres pueden discriminar entre el olor de su bebé y el de otros (Sela & Sobel, 2010).

En cuanto al perfume de las flores, diversos estudios han documentado recientemente los efectos farmacológicos de algunas flores y otros perfumes de plantas sobre la ansiedad en mamíferos, como la reducción de la ansiedad ante la exposición al perfume de rosa, de naranja o de jazmín del cabo (Bradley, Starkey, Brown & Lea, 2007). En las personas se ha visto que usar colonias tiene un impacto positivo ya que algunas sostienen que al usarlas disminuye su estado de depresión (Haviland-Jones, Hudson, Wilson, Freyberg & McGuire, 2013). Las plantas también influyen en el comportamiento social de los animales, ya que algunas flores polinizadas por murciélagos emiten un olor azufrado que imita los aromas utilizados en el apareamiento y el reconocimiento social, lo que asegura su polinización.

3. ¿Cómo indagar sobre el conocimiento de las plantas de nuestros alumnos?

Para estudiar cuáles son las plantas que conocen nuestros alumnos se proponen tres estrategias que han sido probadas en distintos ámbitos e investigaciones.

3.1 Listas libres o “free-list”

Consiste en una forma sencilla, precisa y rápida para recoger datos de una amplia muestra de individuos. Según Quinlan (2005), se trata de un método bien establecido en el ámbito etnográfico y se basa en tres supuestos: (i) las personas tienden a listar libremente en orden de familiaridad decreciente, (ii) los individuos que saben mucho sobre el tema que se indaga tienden a listar más términos que las personas que conocen menos (en nuestro caso, menos especies de plantas), y (iii) los respondientes mencionan ítems de interés local, con lo que los términos listados guardan relación con los contextos geográficos de las personas. Las listas que resultan de estos estudios pueden ser estudiadas de distintas maneras, una de las cuales busca la cuantificación de los ítems listados. Por un lado, puede seguirse un análisis categórico, considerando cada término listado una variable que asume un número o frecuencia de veces que fue nombrada. Por ejemplo, puede calcularse el porcentaje de menciones de la categoría taxonómica “algarrobo” o de “especie nativa”, en este caso, al sumar todas las menciones de especies que son clasificadas como tales². Por otro lado, una aproximación numérica surge de la cuantificación de las menciones dentro del listado de cada persona, teniendo en cuenta el orden en se listan los ítems o el total de ítems mencionados. Este enfoque lleva a análisis estadísticos más complejos pero que, además, tienen la ventaja de partir de datos “no normales” y de considerar que los individuos de un grupo guardan cierta dependencia entre sí (como los estudiantes de un curso en determinado)³.

² Para este análisis puede emplearse la prueba de Chi cuadrado, que mide la diferencia entre una distribución observada (en una muestra) y otra teórica (bondad de ajuste), permitiéndonos poner a prueba hipótesis para descartar que los datos se expliquen por el azar o por los factores que ejercen influencia en ellos.

³ Uno de los análisis estadísticos más útiles para este enfoque son los modelos lineales generalizados y mixtos, que permiten trabajar con variables aleatorias.

El listado libre puede hacerse en forma oral o escrita, y para el tratamiento dado en este capítulo, hemos encontrado dos tipos de preguntas para indagar el conocimiento de los estudiantes sobre plantas:

a) aquellas que solicitan listar las especies que más gusten o disgusten (Campos, Nates & Lindemann-Matthies, 2013; Lindemann-Matthies, 2005). Por ejemplo, Campos et al. encontraron que las especies favoritas de niños rurales de la provincia de San Juan (Argentina) eran la “rosa”, el “algarrobo”, la “margarita”, la “morera” y el “jazmín”, mientras que las que mayor disgusto les generaban eran los “cactus”, el “garabato”, el “aguaribay”, el “algarrobo” y la “ruda” (caracterizadas por la presencia de espinas u olores fuertes).

b) Preguntas dirigidas que incluyen un determinante o clasificación, como cuando se les pide a los alumnos que listen plantas nativas de la provincia de Córdoba, los animales a los que darían prioridad de conservación (Ballouard, Brischoux & Bonnet, 2011), etc. Este es el caso que se describirá en la siguiente pregunta.

3.2 Dibujos o esquemas

Los dibujos se utilizan especialmente para obtener algunas pistas de las concepciones de los niños. Ello puede suponer una relación inequívoca entre las concepciones y sus representaciones en los dibujos (Ehrlén, 2009). Sin embargo, debido a que estos diseños están mediados por convenciones de representación, numerosos estudios indican que los dibujos infantiles pueden ser utilizados para tener un pantallazo de las concepciones de los niños sólo cuando es acompañado del significado que ellos mismos dan a sus propios dibujos (Ehrlén). Esto conlleva la realización de entrevistas individuales o de la solicitud de explicaciones por escrito para apoyar las observaciones e interpretaciones de las representaciones. Diversos autores emplearon estas técnicas para describir concepciones sobre las selvas tropicales y las plantas, y los cambios evidenciados luego de la visita a jardines botánicos (Bowker, 2007; Schwarz, Sevegnani & André, 2007; Snaddon, Turner & Foster, 2008). Snaddon et al. describen los bosquejos de los niños en función de categorías como la presencia de sol, lluvia, árboles, flores, enredaderas, frutos, hongos, etc.

3.3 Reconocimiento en campo, a través de fotografías o en herbarios

Es un conjunto de estrategias asociadas con el conocimiento de las plantas a través del contacto directo o indirecto y que se relaciona con la capacidad para nominarlas. El uso de senderos de interpretación a través de recorridos en campo (reservas, plazas, parques, etc.) puede ser complementado con la recolección de plantas para la elaboración de herbarios y el reconocimiento de los nombres vernáculos asociados (Martínez, 2013). Otras veces, puede ser útil ya contar con un herbario y que, al mostrarlo a los alumnos, ellos aporten los nombres comunes de las especies, organicen las fichas en función del estatus (nativo, exótico, etc.), de los usos (culinario, medicinal, etc.), etc. Resulta conveniente que estas formas de trabajo sean acompañadas por un diario de notas o de grabadores de audio para registrar los comentarios. Otra forma de indagar sobre el conocimiento de los estudiantes surge de ofrecerles fotografías (impresas o en diapositivas) de especies elegidas al azar o según criterios definidos como origen (especies domésticas, naturalizadas, nativas, etc.), forma de vida (árboles, hierbas, cactus, etc.) o taxonomía (coníferas, helechos, dicotiledóneas, etc.), para que luego ellos nombren las plantas o animales que reconozcan (Ballouard et al., 2011).

4. ¿Qué especies de plantas nombran como nativas de Córdoba los estudiantes del ciclo orientado en Ciencias Naturales de la escuela secundaria?

En un estudio que realizamos en la provincia de Córdoba se entregó a estudiantes del ciclo orientado en Ciencias Naturales (últimos tres años de la escolaridad) un cuestionario del tipo lista libre en el que se pedía a una muestra intencional de alumnos (338 en total), entre otras preguntas, que completaran con especies de plantas nativas una lista de diez espacios en blanco numerados. El muestreo fue realizado en un total de catorce cursos de escuela secundaria, de escuelas públicas (8) y privadas (6) de la ciudad de Córdoba y en otras localidades más pequeñas del interior provincial.

Luego de recolectar los datos procedimos al armado de una grilla en un procesador de cálculo donde se colocó la identidad de cada alumno, la escuela, la ciudad de proveniencia, el curso y sus respuestas. Para-

lamente se identificaron los nombres científicos y otros vulgares de las especies vegetales mencionadas, además de su estatus (clasificación basada en el origen de la especie). Para ello, utilizamos la información taxonómica (Phylum, Clase, Orden y Familia) publicada por Mobot Tropicos® (Missouri Botanical Garden, <http://www.tropicos.org/>), actualizada al año 2012. Además, buscamos la distribución de las especies y su estatus en la versión en línea del Catálogo de Plantas Vasculares de la República Argentina, publicada por el Instituto Darwinion (versión 2011, <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/Especies.asp>). A su vez, identificamos los nombres vernáculos mencionados y otros de las plantas en internet, libros y artículos científicos, preponderantemente de etnobotánica.

Categorías			Ejemplos
Nivel I	Nivel II	Nivel III	
Nativa	Nativa	Argentina	“aguaribay” (<i>Schinus molle</i>) “jacarandá” (<i>Jacaranda</i> spp.) “palo borracho” (<i>Ceiba speciosa</i>) “yerba mate” (<i>Ilex paraguariensis</i>) “tipa” (<i>Tipuana tipu</i>)
		Córdoba	“algarrobo” (<i>Prosopis</i> spp.) “peperina” (<i>Minthostachys verticillata</i>) “piquillín” (<i>Condalia microphylla</i> y <i>C. buxifolia</i>)
Exótica s.l.	Adventicia	Argentina	“cala” (<i>Zantedeschia aethiopica</i>) “salvia” (<i>Salvia officinalis</i>) “crataegus” o “espinar blanco” (<i>Crataegus monogyna</i>)
		Córdoba	“siempre verde” (<i>Ligustrum</i> spp.) “paraíso” (<i>Melia azedarach</i>) “menta” (<i>Mentha</i> spp.)
	Exótica s.s.	Argentina	“rosa” (<i>Rosa</i> spp.) “nispero” (<i>Eriobotrya japonica</i> y <i>Mespilus germanica</i>)
		Córdoba	“aguaribay” (<i>Schinus molle</i>) “jacarandá” (<i>Jacaranda</i> spp.) “palo borracho” (<i>Ceiba speciosa</i>) “tipa” (<i>Tipuana tipu</i>) “rosa” (<i>Rosa</i> spp.) “nispero” (<i>Eriobotrya japonica</i> y <i>Mespilus germanica</i>)
Mixta	Mixta	Argentina	“aliso” (<i>Alnus glutinosa</i> –exótica- y <i>Alnus acuminata</i> –nativa-) “sauce” (<i>Salix</i> spp. – <i>S. humboldtiana</i> nativa- y <i>S. matsudama</i> , <i>S. alba</i> , etc. exóticas) “zarzamora” (<i>Rubus imperialis</i> –nativa- y <i>R. ulmifolius</i> –exótica)
		Córdoba	“sauce” (<i>Salix</i> spp. – <i>S. humboldtiana</i> nativa- y <i>S. matsudama</i> , <i>S. alba</i> , etc. exóticas) “nogal” (<i>Juglans australis</i> –nativa de Salta y Jujuy - y <i>Juglans regia</i> –exótica de interés culinario-) “zarzamora” (<i>Rubus imperialis</i> –nativa- y <i>R. ulmifolius</i> –exótica-)

Tabla 1. Niveles de categorización según el estatus de las especies vegetales mencionadas por los estudiantes de escuela secundaria de la provincia de Córdoba, Argentina.

Establecimos tres niveles de categorización según el estatus de las especies vegetales mencionadas (Tabla 1), primero clasificándolas como “nativas” y “exóticas” en sentido amplio senso lato –s.l.–, y en “mixtas” (cuando un nombre vulgar refiere a varias especies, siendo éstas de origen tanto autóctono como foráneo). En el nivel II de categorización se distinguieron las especies “adventicias” o “invasoras”; es decir, las que se reproducen espontáneamente en un área fuera de la distribución original e invaden los ecosistemas locales, de las simplemente exóticas, a las que ahora se las denominó “exóticas stricto senso –s.s.–”. Esta clasificación se justifica en la importancia de ponderar las diferencias entre el “siempre verde” (como prototipo de exótica invasora para Córdoba y otras provincias de Argentina), la “rosa” (entre otras ornamentales circunscriptas al ámbito doméstico) y el “baobab” (como ejemplo de especie exótica que se distribuye en otros continentes y no se asocia a la ornamentación en parques o jardines de Córdoba o nuestro país). Por último, en el nivel III de categorización se consideró a la provincia de Córdoba como criterio de origen para las especies, tal como se solicitó en el cuestionario entregado a los estudiantes. El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante la prueba de prueba Chi-cuadrado para tablas de contingencia (datos categorizados) y con modelos lineales generalizados mixtos (MLGM) (datos continuos). Para el análisis MLGM, los cursos del ciclo orientado (4°, 5° y 6°) fueron considerados como efectos aleatorios, mientras que la proveniencia geográfica de la escuela (ciudad de Córdoba vs. interior provincial), el tipo de gestión (escuela pública vs. privada) y el género de los alumnos (varón vs. mujer) fueron establecidos como efectos fijos con interacción⁴.

La Tabla 2 muestra la distribución de frecuencias y el estatus de las quince especies vegetales más nombradas por los estudiantes de secundaria de la provincia de Córdoba, Argentina, en la que se destaca “algarrobo” (*Prosopis* spp.) como la especie más mencionada. Las cuatro especies más importantes conocidas como “algarrobo” son *Prosopis alba* y *P. chilensis*, conocidas comúnmente como “algarrobo blanco”, y *P. nigra* y *P. flexuosa*, conocidos como “algarrobo negro”. Desde un punto de vista ecológico conviene recordar que las especies de algarrobo son importantes fijadoras de nitrógeno atmosférico en las regiones

⁴ Se empleó una distribución binomial de errores (datos proporcionales, con el número de ensayos igual al número de respuestas dadas; es decir, a plantas listadas) y una función de identidad de vínculo de tipo “Logit”. La variable respuesta fue la cantidad de especies nombradas por cada estudiante.

semiáridas, además de representar un elemento organizacional importante de las comunidades de plantas y animales. *P. alba* es una de las especies con mayor interés económico, pues provee madera valorada como combustible y para la elaboración de muebles y pisos. La utilidad de estas especies se amplía a lo gastronómico, pues con sus chauchas frescas se elabora un jarabe conocido como “arrope” y una bebida alcohólica llamada “aloja”. Con los mismos frutos y semillas, aunque secos y molidos, se produce una torta dulce o “patay”.

Después de “algarrobo”, la siguiente especie más nombrada fue “sauce” (*Salix* spp.), que tiene un origen mixto. En nuestro país se han clasificado varias especies exóticas como invasoras, tal es el caso de *S. alba*, *S. babylonica*, *S. caprea*, *S. viminalis* y *S. fragilis* (Zuloaga, Morrone & Belgrano, 2009). La única especie nativa de sauce es el “sauce criollo” o “sauce colorado” (*S. humboldtiana*). Muchas de estas especies crecen en las riberas de los ríos y no son sólo ornamentales, sino también representan una valiosa fuente de madera y medicamentos. Por ejemplo, la corteza de *S. humboldtiana* se vende en tiendas de hierbas y se utilizan debido a sus propiedades tónicas, sedantes, antiespasmódicas y antipiréticas.

Orden	Nombre común (y científico)	Hábito	n	%	Argentina		
					Nivel I	Nivel II	Córdoba Nivel III
1	“algarrobo” (<i>Prosopis</i> spp.)	Árbol	208	9,3	Nativa	Idem	Idem
2	“sauce” (<i>Salix</i> spp.)	Árbol	133	5,9	Mixta	Idem	Idem
3	“espinillo” (<i>Acacia caven</i>)	Arbusto	110	4,9	Nativa	Idem	Idem
4	“palo borracho” (<i>Ceiba speciosa</i>)	Árbol	101	4,5	Nativa	Idem	Exótica
5	“siempre verde” (<i>Ligustrum</i> spp.)	Árbol, arbusto	97	4,3	Exótica	Adventicia	Exótica
6	“quebracho” * a	Árbol	96	4,3	Nativa	Idem	Idem
7	“pino” (<i>Pinus</i> spp.)	Árbol	81	3,6	Exótica	Idem	Idem
8	“peperina” (<i>Minthostachys verticillata</i>)	Hierba	80	3,6	Nativa	Idem	Idem
9	“ceibo” (<i>Erythrina</i> spp.)	Árbol	70	3,1	Nativa	Idem	Exótica
10	“piquillin” * b	Arbusto	70	3,1	Nativa	Idem	Idem
11	“cactus” *	N/A	56	2,5	Nativa	Idem	Idem
12	“quebracho colorado” * c	Árbol	44	2,0	Nativa	Idem	Idem
13	“nogal” (<i>Juglans</i> spp.)	Árbol	38	1,7	Mixta	Idem	Exótica
14	“tala” (<i>Celtis</i> spp.)	Arbusto	37	1,7	Nativa	Idem	Idem
15	“quebracho blanco” (<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>)	Árbol	36	1,6	Nativa	Idem	Idem

Tabla 2. Distribución de frecuencias de las especies vegetales más mencionadas por los estudiantes de secundaria de la provincia de Córdoba, Argentina. *Denota taxones que no fueron especificados. ^a *Schinopsis* spp., *Schinus* spp., *Aspidosperma quebracho-blanco*. ^b *Condalia microphylla* y *C. buxifolia*. ^c *Schinopsis* spp., *Schinus* spp.

En tercer lugar, los alumnos mencionaron al “espinillo”, representando una especie nativa, típica de la región chaqueña en la provincia de Córdoba (Giorgis et al., 2011). Varios autores destacaron la relevancia del “espinillo” desde una perspectiva etnobotánica. Por ejemplo, Toledo, Trillo y Grilli (2010) encontraron que *A. caven* es usado como un antiséptico, antibiótico, cicatrizante y vulnerario en las diferentes regiones de Córdoba. Por otro lado, *Ceiba speciosa* o “palo borracho” aparece en cuarto lugar. Resulta importante destacar que esta especie es nativa de Argentina, pero exótica para las regiones fitogeográficas representadas en la provincia de Córdoba (Tabla 2). En áreas urbanas de Argentina y Córdoba, el “palo borracho” se utiliza con frecuencia como árbol ornamental, mientras que en las zonas rurales tiene uso etnobotánico. Por ejemplo, las flores de esta especie son analgésicas y diuréticas, las semillas son comestibles y las espinas tienen efectos analgésicos, diuréticos y antiasmáticos.

El “siempre verde” sigue a *C. speciosa* en la lista de especies mencionadas. Bajo este nombre se encuentran en Argentina dos especies adventicias (*Ligustrum lucidum* y *L. sinense*), las que están ampliamente distribuidas en la provincia de Córdoba. Según Hoyos et al. (2010), *L. lucidum* fue importado de China como especie ornamental y se ha convertido en uno de los árboles invasores más extendidos en el centro de Argentina. Los principales problemas se presentan una vez que la planta alcanza el dosel, ya que puede competir con la mayor parte de la vegetación nativa mediante la creación de condiciones de baja luminosidad, lo que se traduce en la dominancia del “siempre verde” (Hoyos et al.). Además, Tecco et al. (2007) destacan que esta invasora puede establecer interacciones positivas con otras plantas exóticas (como la facilitación), desencadenando su propagación y limitando la diversidad de plantas nativas.

En el sexto lugar se encuentra un conjunto de especies ícono de la flora nativa en Córdoba y Argentina, conocida como “quebracho” (*Schinopsis* spp., *Schinus* spp., *Aspidosperma quebracho-blanco*). Sus usos etnobotánicos rescatan sus propiedades antiasmáticas, cicatrizantes, febrífugas, desinfectantes y digestivas. Por otro lado, el “pino” fue mencionado en la séptima posición y consta de un grupo de especies exóticas que no han sido aun categorizadas como adventicias para Córdoba (Zuloaga et al., 2009). Sin embargo, es frecuente ver ejemplares y

a veces grandes extensiones de terreno dominadas por *Pinus halepensis* y, sobretudo, por *P. elliotii* en las sierras de Córdoba (Giorgis et al., 2011), por ejemplo en Bosque Alegre (departamento Santa María) y La Cumbre (departamento de Punilla). A nivel mundial, son muchas las especies de pinos que son altamente invasivas, por lo que su expansión representa una amenaza para las comunidades de pastizales de Sudamérica.

La “peperina” (*Minthostachys verticillata*), en el octavo lugar, es una planta aromática endémica de Argentina que crece ampliamente en la región central y noroeste del país. Su uso principal es como aditivo de la “yerba” (*Ilex paraguayensis*) para la elaboración del mate, aunque sus propiedades caminativas, digestivas y antiespasmódicas han promovido su incorporación a través de la decocción de sus hojas y tallos y como componente de aperitivos. Ya que la demanda de *M. verticillata* es cubierta por la recolección de plantas que crecen de modo silvestre, sus poblaciones se han visto reducidas.

En el noveno lugar se encuentra el “ceibo” (*Erythrina crista-galli*), el árbol nacional de Argentina (Decreto 138474 de 1942), que crece de forma natural en los ecosistemas de bosques a lo largo de los cursos de agua y en los humedales. Tal como el “palo borracho”, el “ceibo” es exótico para la provincia de Córdoba, ya que su distribución se circunscribe a las provincias de Buenos Aires y las ubicadas al norte y noreste de nuestro país. Este árbol de hasta 10 m de altura posee flores de color rojo de interés ornamental, económico y medicinal. A su vez, las hojas y la corteza tienen propiedades antiinflamatorias, astringentes, antibacterianas, cicatrizantes y sedantes (Barboza, Cantero, Núñez, Paccioaroni & Espinar, 2009).

En el décimo lugar se ubicó el “piquillín”, nombre que comprende dos especies nativas de la familia Ramnácea: *Condalia microphylla* y *C. buxifolia*. Los frutos son comestibles y con ellos se elaboran dulces y bebidas. También se emplean las raíces con fines tintóreos y la madera de la parte aérea como combustible y para la construcción de herramientas. De *C. microphylla* puede decirse que junto con el “tala” (*Celtis spp.*, lugar décimo cuarto en Tabla 1), el “espinillo” (*A. caven*), el “molle de beber” (*Lithraea molleoides*) y la “tusca” (*A. aroma*) componen la vegetación dominante del bosque serrano típico de Córdoba.

Por último, el nombre genérico de “cactus” en el undécimo lugar representa a miembros de la familia de las cactáceas, originaria de América, reconocida por el amplio conjunto de adaptaciones a la escasez de agua. La mayoría de las especies de cactus han perdido las hojas verdaderas y reteniendo sólo las espinas, que son hojas modificadas. Las espinas se producen en estructuras altamente especializadas llamadas “areolas”, que consisten en ramas muy reducidas. Muchas especies de cactus son utilizadas como plantas ornamentales, medicinales y tintóreas, mientras que otras se emplean como forraje y, según la especie, como alimento humano (como la “Tuna” o *Opuntia spec*).

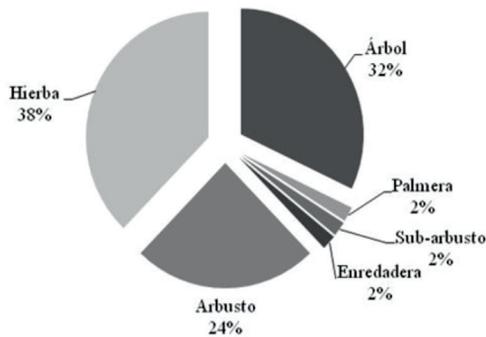


Figura 1. Hábito de las especies vegetales mencionadas (en porcentajes) por alumnos de Córdoba.

En relación con los hábitos de las especies de plantas mencionadas, la mayoría son herbáceas y árboles (Figura 1), siendo las palmeras, sub-arbustos y enredaderas las menos nombradas por los estudiantes. Estos resultados están de acuerdo, en parte, con la composición florística del Chaco Serrano en la provincia de Córdoba (Giorgis et al., 2011), donde se observa que las formas de vida con mayor frecuencia son las hierbas perennes y gramíneas. Estos resultados también ponen en evidencia el centrismo en las especies arbóreas para los estudiantes, situación que suele verse reforzada en clases de ciencias y libros de texto cuando son presentados prácticamente como los únicos organismos clave para el mantenimiento de procesos ecosistémicos y para la conservación de

bienes y servicios ecosistémicos. Estos resultados también pueden ser interpretados en el contexto de la ceguera hacia las plantas, dado que la baja atención hacia las especies poco visibles ha sido descripta previamente en numerosos estudios (por ejemplo, Campos et al., 2013; Lindemann-Matthies, 2005; Wandersee & Schussler, 2001).

De acuerdo con el nivel I de categorización de especies de plantas, la mayoría de los estudiantes mencionó especies exóticas (Figura 2a). Sin embargo, teniendo en cuenta si las especies exóticas nombradas eran adventicias (nivel II de categorización), el porcentaje más alto correspondió a las especies nativas, seguido de cerca por especies exóticas (Figura 2b). Estos resultados muestran un buen conocimiento general de las especies nativas de plantas en Argentina. Por otra parte, las diferencias entre los niveles I y II de la categorización de especies indican que el 17 % de las plantas exóticas mencionadas se propagan espontáneamente en Argentina (adventicias), y por lo tanto, se vuelve necesario reparar didácticamente en las ideas del concepto de nativo que poseen los estudiantes.

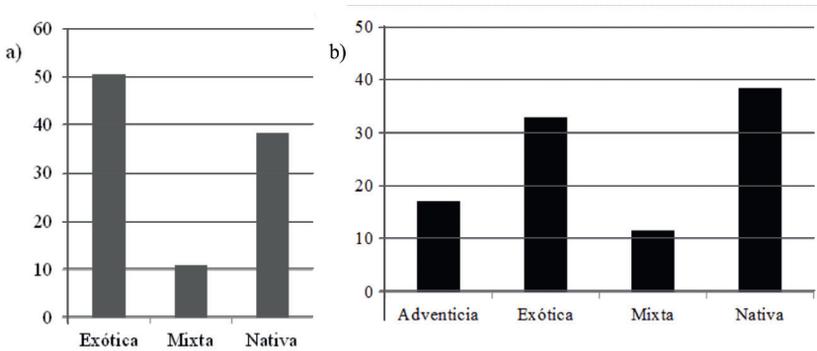


Figura 2. Porcentajes (%) de las categorías de clasificación según el estatus de las especies vegetales mencionadas por estudiantes de Córdoba: a) nivel I; b) nivel II.

Contexto geográfico	Nivel	Número de	Proveniencia		Gestión escolar		Sexo	
			Ciudad de Córdoba	Interior provincial	Pública	Privada	Varón	Mujer
		Respuestas		✓	✓			
Argentina	I	Nativas		✓	✓			
		Mixtas		✓		✓		
		Exóticas <i>s.l.</i>	✓					✓
	II	Adventicias	✓					
		Exóticas <i>s.s.</i>	✓					
Córdoba	III	Nativas		✓	✓		✓	

Tabla 3. Factores (proveniencia, gestión escolar y género) que explican el número de plantas que nombraron los estudiantes de Córdoba en un cuestionario del tipo “listado libre” y la frecuencia con que mencionaron las categorías del estatus de las especies (niveles de categorización I, II y III). Con tilde se señalan las casillas de cada factor en las que, a través de un análisis de modelos lineales generalizados mixtos, se encontró que las frecuencias resultaron significativamente altas.

En la búsqueda de los factores que puedan influir en el conocimiento de los estudiantes de Córdoba sobre la diversidad de plantas se analizó el tipo de gestión de las instituciones a las que asistían (escuela pública o privada), el género (varón o mujer) y la zona en donde viven (capital o interior provincial) (Tabla 3). Se encontró que la gestión escolar y la zona donde se ubica la institución educativa son los únicos factores que afectan significativamente el conocimiento de la diversidad vegetal de los alumnos encuestados. En particular, los estudiantes que asistían a escuelas públicas nombraron más especies vegetales y, entre ellos, más nativas de Argentina (nivel I) y de Córdoba (nivel III) que los estudiantes de escuelas privadas (Figura 3a).

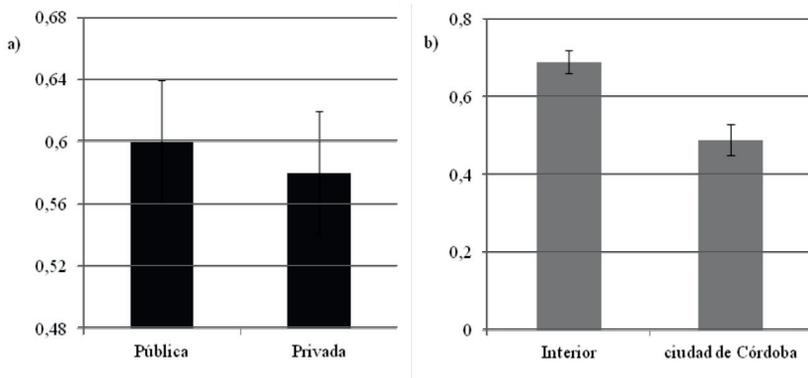


Figura 3. Frecuencias relativas (y barras de error estándar) de las especies nativas de Argentina (nivel I de categorización) mencionadas por estudiantes de la provincia de Córdoba, derivados del análisis de MLGM (Tabla 3) según: a) la gestión escolar (escuela pública y privada); b) la proveniencia geográfica (interior provincial y ciudad de Córdoba).

A su vez, teniendo en cuenta la proveniencia geográfica, los alumnos y alumnas del interior provincial mencionaron más especies nativas que los alumnos de escuelas ubicadas en la ciudad de Córdoba (Figura 3b). Estos resultados pueden ser explicados teniendo en cuenta que los niños y adolescentes, especialmente los procedentes de zonas urbanas, están más familiarizados con especies que muchas veces no forman parte de la biodiversidad local, y que conocen a través de fuentes como los libros, la televisión o internet (Campos et al., 2012). Si bien en el estudio que se presenta en este capítulo todas las escuelas estaban ubicadas en zonas urbanas, los resultados señalan que en la ciudad de Córdoba, con más de 1,5 millones de habitantes, serían menores las probabilidades de tomar contacto e interactuar con la flora nativa de primera mano. En otras palabras, el *conocimiento ecológico tradicional* de los estudiantes de la capital provincial sería más reducido que en el interior de Córdoba. A su vez, teniendo en cuenta la población de esta investigación, no podemos dejar de lado posibles explicaciones referidas al ámbito institucional e intencional de los procesos educativos. En este sentido, las escuelas públicas del interior pudieron haber sido más efectivas que el resto en promover el aprendizaje de la flora de Argentina y de Córdoba en sus alumnos.

Como contrapartida a estos resultados, para el nivel II de categorización, los estudiantes de escuelas de la ciudad de Córdoba mencionaron más especies adventicias y, particularmente los varones, más exóticas s.s. que sus compañeros del interior provincial (Tabla 3). Sin embargo, los varones dieron más nombres de especies nativas para Córdoba que sus compañeras mujeres (nivel III, Tabla 3). Aunque las diferencias de género encontradas en el presente estudio no han sido reportadas en otros países (Lindemann-Matthies, 2005), sí tienen su correlato en otras investigaciones llevadas a cabo en el país por Campos et al. (2012, 2013). Estos resultados ponen en cuestión la supuesta “neutralidad” de la enseñanza y las fuentes de conocimientos sobre la naturaleza, si predominan las experiencias cotidianas con las plantas o los conocimientos escolares.

5. ¿Cuál es la visibilidad ecológica de las especies vegetales que los estudiantes consideraron nativas de Córdoba?

Con el fin de analizar la influencia de los tres caracteres ecológicamente conspicuos a la hora de que los estudiantes de Córdoba nombraran especies vegetales nativas de la provincia de Córdoba (pregunta 2), se realizó una ordenación tridimensional de las especies mencionadas, en lo que hemos llamado “visibilidad ecológica de las flores”. Para ello, se crearon variables categóricas ordinales para el “tamaño”, el “color” y la “intensidad del aroma” de la flor o inflorescencia de la planta (Haviland-Jones et al., 2005, Heerwagen & Orians, 1993; Wandersee & Schussler, 2001) asignando valores iguales a “1” a flores o inflorescencias de tamaño pequeño (o ausentes, como en helechos, coníferas, etc.), medio (2) o grande (3) a cada planta nombrada (Figura 4).



Figura 4. Categorías del ordenamiento tridimensional visibilidad ecológica basada en los caracteres ecológicamente conspicuos tamaño, color y aroma de las flores o inflorescencias. Los números 1, 2 y 3 indican la gradualidad ascendente para cada variable analizada. Especies graficadas para el carácter “tamaño” (1 a 3): “tala”, “palo borracho” y “ceibo”; para “color” (1 a 3): “palta”, “rosa” blanca y “rosa” fucsia; y para “aroma” (1 a 3): “pasionaria”, “espiniillo” y “jazmín del cabo”.

Del mismo modo, a las flores o inflorescencias de color verde y marrón (o a su ausencia) se le dio un número “1”, a las de intensidad media como las blancas, amarillas y rosadas pálidas un valor de “2”, y el número “3” correspondió a flores de colores fuertes y brillantes como el amarillo-dorado, rojo, naranja y morado. Por último, las piezas florales muy aromáticas (olores atractivos o desagradables) recibieron un “3”, mientras que a aquellas con menor intensidad se les otorgó un “2” o un “1”, en el caso de flores inodoras o ausentes.

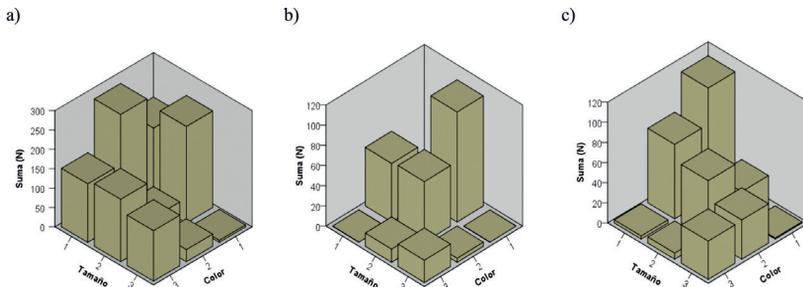


Figura 5. Caracteres ordinales *ecológicamente conspicuos* más significativos del ordenamiento tridimensional *visibilidad ecológica* de las plantas (Figura 4) según el número de especies mencionadas (Suma(N)) para cada uno: a) especies nativas (nivel de categorización I); b) especies adventicias (nivel II); y c) exóticas s.s. (nivel II).

Luego de realizar un análisis de componentes principales⁵ se encontró que los caracteres ecológicamente conspicuos que explicaron primordialmente la frecuencia con que las especies fueron mencionadas por los estudiantes fueron el “tamaño” y el “color” de las flores o inflorescencias. En el caso de las especies nativas de Argentina (nivel de categorización I), la mayoría de los alumnos nombraron especies con poco color y mediano tamaño, seguido por especies más coloridas y pequeñas (Figura 5a). Continuando con el análisis, las especies adventicias (nivel de categorización II) más mencionadas fueron aquellas con flores descoloridas de mediano tamaño (Figura 5b). Por último, las especies exóticas s.s. más nombradas (nivel de categorización II) fueron las que tienen flores o inflorescencias pequeñas y descoloridas (Figura 5c). Estos resultados señalan que las especies nativas de Argentina con flores o inflorescencias de tamaño e intensidad de color medias tendrían más probabilidad de ser percibidas y nombradas por los estudiantes de escuela secundaria⁶. Por otro lado, los alumnos no experimentarían el síndrome de *ceguera* o *desatención* hacia las plantas exóticas s.s. y ad-

⁵ Remitirse al capítulo 10 para conocer las características de este análisis estadístico. Datos no mostrados.

⁶ Valores para las tres especies más nombradas. “algarrobo”: color (1), tamaño inflorescencia (2), aroma (1). “sauce”: color (2), tamaño inflorescencia (2), aroma (1). “espinillo”: color (3), tamaño inflorescencia (1), aroma (2).

venticias (invasoras), sino que serían nombradas en relación al estatus que consideran para ellas en el marco de la pregunta original (especies nativas de Córdoba). De hecho, los “pinos” carecen de flores, y los “siempre verdes” y “sauces” (tanto exóticos como nativos) tampoco se caracterizan por una llamativa coloración de las mismas, un aroma fuerte o por su gran tamaño. Con ello, el concepto de “especie vegetal nativa” de los estudiantes encuestados (que incluye a hipónimos como “algarrobo”, “espinillo” y “quebracho blanco”), pareciera incluir a las especies que crecen en los ámbitos más cercanos y antrópicos (como los “pinos” y otras especies ornamentales como el “ceibo”, el “jacarandá” y el “nogal”), o incluso a las que se observan que crecen espontáneamente en los ecosistemas naturales, a veces invadiéndolos y dominándolos (como los “sauces” no nativos, los “pinos” -en determinadas ocasiones- y los “siempre verdes”).

6. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema y superar algunos de los obstáculos identificados?

1) *Aula abierta*. Numerosas investigaciones y la experiencia áulica acumulada indican que las salidas de campo logran incentivar a los estudiantes en prácticas científicas como la observación, elaboración de hipótesis y el registro y análisis de datos. Se sugiere la realización de salidas a entornos naturales (reservas urbanas, etc.) y antropizados (plazas, parques, etc.) para estudiar la composición y abundancia de las especies vegetales, reconociendo sus nombres, estatus y usos etnobotánicos. Para evitar el centrismo habitual en los árboles se podría orientar la observación a especies con otro hábito, recorriendo los espacios en diferentes momentos del año para relevar los cambios experimentados. Los alumnos pueden tomar fotografías con recursos como teléfonos celulares y cámaras para armar, con posterioridad y de forma conjunta, un glosario de fichas vegetales y un documento del tipo “diapositiva”, que servirá para el tratamiento en el aula de cada especie.

2) *Indagación dialógica problematizadora (IDP)*. Un problema es, en términos generales, cualquier situación prevista o espontánea que produce, por un lado, un cierto grado de incertidumbre y, por el otro, una conducta tendiente a la búsqueda de su solución. Desde un pun-

to de vista constructivista resulta esencial asociar explícitamente la construcción de conocimientos a problemas, pues todo conocimiento es la respuesta a una pregunta. La IDP se basa en la problematización del contenido, que es trabajado *dialógicamente* con la clase, indagando sobre las representaciones, conocimientos e intereses de los alumnos. Se propone el siguiente problema para tratar el contenido de especie nativa, biodiversidad y problemáticas socio-ambientales:

Hace unos años era frecuente ver en las calles o en la salida de los supermercados a numerosos vendedores ambulantes de peperina, la hierba aromática que se suele usar para tomar mate. Ahora la situación ha cambiado. Juan, un vecino de la ciudad de Córdoba, cree que las personas que antes vendían peperina ahora se dedican a comerciar otros productos, como CDs, películas o golosinas. Otros dicen que la peperina se está extinguiendo y que “los recolectores tienen que ir más arriba del cerro a buscarla”⁷.

Para aplicar la estrategia IDP se sugiere seguir las siguientes etapas: (a) presentación del problema a los alumnos y explicitación de los objetivos de la tarea, (b) activación de las ideas de los alumnos, confrontación de ideas, recuperación de referentes lingüísticos y mentales; (c) redireccionamiento o recontextualización de la interacción en caso de ser necesario; (d) sistematización o agrupamiento de respuestas, lo que puede requerir de traducciones de ideas, organizaciones o categorizaciones. Legitimación a un primer nivel del significado. (e) Introducción del conocimiento nuevo, ya sea de manera explicativa o planteando una actividad, (f) vuelta y respuesta al problema original. Solicitud a los alumnos que revisen sus respuestas iniciales y enriquezcan sus argumentos desde la teoría dada. Puede ocurrir una reformulación del problema inicial. (g) Proceso metacognitivo y de reflexión sobre su proceso. (h) Evaluación.

⁷ Problema basado en la nota del Diario La Voz del Interior “Alertan sobre la escasez de peperina, el yuyo cordobés”, por Lucas Viano. Disponible en: http://archivo.lavoz.com.ar/nota.asp?nota_id=173836.

3) *El vivero escolar*. Las actividades prácticas en las que los alumnos ponen en marcha proyectos en los que se dejan las aulas tradicionales para ganar nuevos espacios de enseñanza y aprendizaje siempre son muy valoradas. Sobre todo cuando se requiere inter-actuar con los objetos de estudio, pudiendo realizar aportes concretos a problemáticas concretas como la ocurrencia de especies con potencial invasor, la escasez de plantas nativas en el predio escolar, en nuestras viviendas, etc. Por ello, la construcción de un vivero escolar puede representar una actividad transversal en el año lectivo o ciclo escolar, e involucrar la búsqueda y procesamiento de información sobre la biología y reproducción de las especies locales, la plantación misma y el cuidado de los plantines. Algunas especies que se reproducen fácilmente son el “espinillo” (*A. caven*), el “aromito” (*A. aroma*), la “lagaña de perro” (*Caesalpinia gilliesii*, una arbustiva), la “sacha guasca” (*Dolichandra cynanchoides*, una enredadera) y la “santa lucía” (*Commelina erecta*, una herbácea). El sitio <http://www.herbotecnia.com.ar/> recopila información útil para el cultivo de éstas y otras especies nativas.

Referencias bibliográficas

- Aber, A. (2001). Draft programme of work and outline of priority projects for COP 6. Including recommendations to the parties for support of the programme. En CBD-UNESCO *Consultative Working Group of Experts on Biological Diversity, Education and Public Awareness* (pp. 5-19). Third meeting, Bilbao (Spain).
- Astolfi, J. P. (2003). *El “error”, un medio para enseñar*. Sevilla: Diada.
- Bachelard, G. (1948). *La formación del espíritu científico*. México: Siglo XXI.
- Ballouard, J. M., Brischoux, F. & Bonnet, X. (2011). Children prioritize virtual exotic biodiversity over local biodiversity. *PloS One*, 6(8), e23152.
- Balmford, A., Clegg, L., Coulson, T. & Taylor, J. (2002). Why conservationists should heed Pokémon. *Science*, 295(5564), 2367-2367.

- Barboza, G., Cantero, J., Núñez, C., Paccioaroni, A. & Espinar, L. A. (2009). Plantas medicinales: Revisión y “screening” fitoquímico y etnofarmacológico de la flora nativa de Argentina. *Kurtziana*, 34(1-2), 7-365.
- Bebbington, A. (2005). The ability of A-level students to name plants. *Journal of Biological Education*, 39(2), 63-67.
- Bowker, R. (2007). Children’s perceptions and learning about tropical rainforests: An analysis of their drawings. *Environmental Education Research*, 13(1), 75-96.
- Bradley, B. F., Starkey, N. J., Brown, S. L. & Lea, R.W. (2007). The effects of prolonged rose odor inhalation in two animal models of anxiety. *Physiology and Behavior*, 92(5), 931-938.
- Campos, C. M., Greco, S., Ciarlante, J. J., Balangione, M., Bender, J. B., Nates, J. & Lindermann-Matthies, P. (2012). Students’ familiarity and initial contact with species in the Monte desert (Medonza, Argentina). *Journal of Arid Environments*, 82, 98-105.
- Campos, C. M., Nates, J. & Lindemann-Matthies, P. (2013). Percepción y conocimiento de la biodiversidad por estudiantes urbanos y rurales de las tierras áridas del centro-oeste de Argentina. *Ecología Austral*, 23, 174-183.
- Chen, D. & Haviland-Jones, J. (2000). Human olfactory communication of emotion. *Perceptual and Motor Skills*, 91(3), 771-781.
- Dominy, N. J., Svenning, J. C. & Li, W. H. (2003). Historical contingency in the evolution of primate color vision. *Journal of Human Evolution*, 44(1), 25-45.
- Ehrlén, K. (2009). Drawings as representations of children’s conceptions. *International Journal of Science Education*, 31(1), 41-57.
- Franklin, A., Bevis, L., Ling, Y., & Hurlbert, A. (2010). Biological components of colour preference in infancy. *Developmental Science*, 13(2), 346-354.
- Giorgis, M. A., Cingolani, A. M., Chiarini, F., Chiapella, J., Barboza, G., Ariza Espinar, L., ... & Cabido, M. (2011). Composición florística del Bosque Chaqueño Serrano de la provincia de Córdoba, Argentina. *Kurtziana*, 36(1), 9-43.

- Gopnik, A., Meltzoff, A. N. & Kuhl, P. K. (1999). *The scientist in the crib: What early learning tells us about the mind*. New York: HarperCollins.
- Guéguen, N. (2011). “Say it with flowers”: The effect of flowers on mating attractiveness and behavior. *Social Influence*, 6(2), 105-112.
- Haviland-Jones, J., Rosario, H. H., Wilson, P. & McGuire, T. R. (2005). An environmental approach to positive emotion: Flowers. *Evolutionary Psychology*, 3, 104-132.
- Haviland-Jones, J., Hudson, J. A., Wilson, P., Freyberg, R. & McGuire, T. R. (2013). The emotional air in your space: Scrubbed, wild or cultivated?. *Emotion, Space and Society*, 6, 91-99.
- Heerwagen, J. H. & Orians, G. H. (1993). Humans, habitats, and aesthetics. En S. R. Kellert & E. O. Wilson (Eds.), *The biophilia hypothesis* (pp. 138-172). Washington, D.C.: Island Press.
- Heilmeyer, M. (2001). *The Language of Flowers: Symbols and Myths*. New York: Prestel USA.
- Hoyos, L. E., Gavier-Pizarro, G. I., Kuemmerle, T., Bucher, E. H. Radeloff, V. C. & Tecco, P. A. (2010). Invasion of glossy privet (*Ligustrum lucidum*) and native forest loss in the Sierras Chicas of Córdoba, Argentina. *Biological Invasions*, 12(9), 3261–3275.
- Hurlbert, A. C. & Ling, Y. (2007). Biological components of sex differences in color preference. *Current Biology*, 17(16), R623-R625.
- Lindemann-Matthies, P. (2005). ‘Loveable’ mammals and ‘lifeless’ plants: how children’s interest in common local organisms can be enhanced through observation of nature. *International Journal of Science Education*, 27(6), 655-677.
- Mack, A. & Rock, I. (1998). *Inattentional blindness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Martínez, G. (2013). Interpretación ambiental y etnobotánica: trayectos educativos de un proyecto de extensión y voluntariado universitario con los actores sociales de la flora medicinal de las Sierras de Córdoba (Argentina). *Revista de Educación en Biología*, 16(2), 89-99.

- Miranda, F. D. P. R., de las Heras, M. Á., Pérez, R. R. F. & de León, P. C. (2014). El conocimiento escolar sobre los animales y las plantas en primaria: Un análisis del contenido específico en los libros de texto. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 97-114.
- Pollan, M. (2002). *The botany of desire*. New York: Random Press.
- Prokop, P., Prokop, M. & Tunnicliffe, S. D. (2007). Is Biology boring? Student attitudes toward Biology. *Journal of Biological Education*, 42(1), 36-39.
- Prokop, P. & Fančovičová, J. (2013). Does colour matter? The influence of animal warning colouration in human emotions and willingness to protect them. *Animal Conservation*, 16(4), 458–466.
- Prokop, P. & Fančovičová, J. (2014). Seeing coloured fruits: utilisation of the theory of adaptive memory in teaching botany. *Journal of Biological Education*, 48(3), 127–132
- Quinlan, M. (2005). Considerations for collecting freelists in the field: examples from ethnobotany. *Field Methods*, 17(3), 219-234.
- Randler, C. (2008). Teaching species identification -a prerequisite for learning biodiversity and understanding ecology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 4(3), 223-231.
- Ryman, D. (1974). Childrens' understanding of the classification of living organisms. *Journal of Biological Education*, 8(3), 140-144.
- Schussler, E. E. & Olzak, L. A. (2008). It's not easy being green: student recall of plant and animal images. *Journal of Biological Education*, 42(3), 112-119.
- Schwarz, M. L., Sevegnani, L. & André, P. (2007). Representações da mata atlântica e de sua biodiversidade por meio dos desenhos infantis. *Ciência & Educação*, 13(3), 369-388.
- Sela, L. & Sobel, N. (2010). Human olfaction: a constant state of change-blindness. *Experimental Brain Research*, 205(1), 13-29.
- Shepherd, G. M. (2004). The human sense of smell: are we better than we think? *PLoS Biology*, 2(5), e146.

- Snaddon, J. L., Turner, E. C. & Foster, W. A. (2008). Children's perceptions of rainforest biodiversity: which animals have the lion's share of environmental awareness?. *PLoS One*, 3(7), e2579.
- Tecco, P. A., Díaz, S., Gurvich, D. E., Pérez-Harguindeguy, N., Cabido, M., Bertone, G. A. (2007). Experimental evidence of positive association between exotic woody species: facilitation by *Pyracantha angustifolia* on *Ligustrum lucidum* sapling survival. *Applied Vegetation Science*, 10(2), 211–218.
- Toledo, B. A., Trillo, C. & Grilli, M. (2010). Uso de plantas medicinales en relación al estado de conservación del bosque en Córdoba, Argentina. *Ecología Austral*, 20(3), 235-246.
- Tunncliffe, S. D. (2001). Talking about plants-comments of primary school groups looking at plant exhibits in a botanical garden. *Journal of Biological Education*, 36(1), 27-34.
- Wagler, R. & Wagler, A. (2011). Arthropods: Attitude and Incorporation in Preservice Elementary Teachers. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(3), 229-250.
- Wandersee, J. H. & Schussler, E. E. (2001). Toward a theory of plant blindness. *Plant Science Bulletin*, 4, 2-9. Extraído el 10 de diciembre, 2014, de <http://www.botany.org/bsa/psb/2001/psb47-1.html#Toward%20a%20Theory%20of%20Plant>.
- Zuloaga, F., Morrone, O. & Belgrano, M. (2009). *Flora del Cono Sur. Catálogo de las Plantas Vasculares*. Instituto de Botánica “Darwinion”. Disponible en <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp>.

Lecturas recomendadas

1) Sérsic, A., Cocucci, A., Benítez-Vieyra, S., Cosacov, A., Díaz, L., Glinos, E. et al. (2006). *Flores del Centro de Argentina. Una Guía Ilustrada para conocer 141 especies típicas*. Córdoba, Argentina: Academia Nacional de Ciencias.

Libro que contiene fotografías y descripciones biológicas (con énfasis en la morfología floral) y etnobotánicas de especies de 50 familias de angiospermas frecuentes en el centro de Argentina.

2) Luján, C. M., Martínez, G. J. & Bárcena, B. N. (2012). *Entre hierbas y yuyos serranos. Actores, saberes y prácticas de la flora medicinal en las sierras de Córdoba*. Córdoba, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de Córdoba.

Libro que relata las experiencias de la ejecución de un proyecto del Programa Nacional de Voluntariado Universitario sobre “hierbas y yuyos serranos”, con numerosas actividades escolares y con las comunidades.

3) Giorgis, M. A., Cingolani, A. M., Chiarini, F., Chiapella, J., Barboza, G., Ariza Espinar, L., ... & Cabido, M. (2011). Composición florística del Bosque Chaqueño Serrano de la provincia de Córdoba, Argentina. *Kurtziana*, 36(1), 9-43. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/kurtz/v36n1/v36n1a02.pdf>

Artículo descargable en forma gratuita en el que se analiza la composición florística del Chaco Serrano entre los 400 y 1700 m.s.m., realizando 437 relevamientos completos de 896 especies de plantas vasculares.

4) Trillo, C. & Demaio, P. (2007). *Tintes naturales. Una guía para el reconocimiento y uso de plantas tintóreas del centro de Argentina*. Córdoba, Argentina: Editorial Sezo.

Libro que compendia técnicas tradicionales de teñido fibras naturales, con fichas explicativas para el reconocimiento y uso de plantas, hongos y animales tintóreos de la región central de Argentina.

Sitios web recomendados

1) Mobot Tropicos. (<http://www.tropicos.org/>).

Herramienta on-line del Missouri Botanical Garden con datos de nomenclatura, bibliográficos y fotografías de más de 1,2 millones de nombres científicos y 4,0 millones de registros de especímenes.

2) Catálogo de Plantas Vasculares de la República Argentina. (<http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/Especies.asp>).

Publicación del Instituto de Botánica Darwinion (IBODA) que tiene un buscador de especies on-line, donde se encuentra el estatus, descripción, distribución, fotografías, etc.

3) Ecosistemas Argentinos. (<http://www.ecosistemasarg.org.ar/index.php>).

Asociación civil que ofrece fichas descriptivas de especies de diferentes taxones, artículos científicos y divulgativos sobre conservación, cursos y salidas de reconocimiento de la flora y fauna nativa.

4) Herbotecnia. (<http://www.herbotecnia.com.ar/autoctona.html>).

Sitio que recopila información sobre cultivo de plantas nativas y exóticas de interés medicinal, tintóreo y otros usos tradicionales, además de notas que orientan al interesado en su cultivo.

5) Alertan sobre la escasez de peperina, el yuyo cordobés. (http://archivo.lavoz.com.ar/nota.asp?nota_id=173836).

Nota periodística sobre la entrevista a una investigadora, quien advierte sobre la disminución de las poblaciones de esta especie, y que resulta de interés para el tratamiento de temáticas socio-científicas en clase.

Autoevaluación

1) ¿Cuál es la noción de obstáculo que se recupera en el capítulo y cuáles son los principales que se presentan en la enseñanza y aprendizaje de la diversidad vegetal?

2) ¿Por qué son importantes las características de las flores como el tamaño, color y aroma para tomar conciencia de la presencia de plantas?

3) ¿Cuáles son las plantas que más mencionan los estudiantes como nativas de la provincia de Córdoba y qué características poseen?

4) ¿Qué factores socio-culturales y biogeográficos resultan significativos para explicar la identidad y frecuencia con que la que alumnos de Córdoba nombran especies de plantas?

5) ¿Cuáles son los caracteres ecológicamente conspicuos de las especies nativas, exóticas y adventicias más nombradas por los estudiantes?

Sobre los autores



Gonzalo M.A. Bermudez (derecha) es Doctor, Profesor en Ciencias Biológicas y Biólogo por la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Se desempeña actualmente como Profesor Adjunto en las cátedras de Didáctica General y Especial en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCE-FyN, UNC). Es investigador asistente del CONICET. Su campo de trabajo se enmarca en el área de las concepciones sobre la diversidad biológica, la transposición didáctica y el discurso educativo. Dirige y participa como miembro de equipo de proyectos de investigación, de donde derivan diversas publicaciones internacionales. E-mail: gbermudez@com.uncor.edu

María C. García Capocasa (izquierda) es Profesora en Ciencias Biológicas y está por comenzar su tesis de grado de Ciencias Biológicas, ambas carreras en la FCEfyN, UNC. Desde el año 2012 se desempeña como ayudante alumno de investigación en las cátedras de Didáctica General y Didáctica Especial del Profesorado en Ciencias Biológicas en temáticas relacionadas con las concepciones de la biodiversidad de estudiantes de escuela secundaria. E-mail: mcgarciacapocasa@hotmail.com

Capítulo 12. ¿Qué factores socio-culturales y geográficos influyen en el conocimiento de las especies animales? Un estudio con alumnos del ciclo orientado de la escuela secundaria de Córdoba

Gonzalo M.A. Bermudez, Luisina V. Battistón y Lía P. García

Universidad Nacional de Córdoba

Resumen

Muchos factores influyen en la identificación, interpretación y organización de sensaciones significativas sobre la biodiversidad, como son el conocimiento ecológico tradicional (conocimiento local transmitido de generación en generación), nivel socio-económico (a través del “gusto” y de las posibilidades de asistencia a una escuela pública o privada), el género (a través de roles y estereotipos), la composición actual y pasada de especies de un área, y el grado de aislamiento geográfico. En un estudio realizado en Córdoba con alumnos de escuela secundaria se encontró que estos factores explican la frecuencia con que los estudiantes nombran especies de animales nativos y otras con un estatus diferente (introducidas, exóticas, domésticas). Las especies más nombradas fueron el puma, el cóndor y la liebre (introducida e invasora); y los taxones más representados fueron los mamíferos y las aves. En general, se observó un buen conocimiento de la fauna nativa de la provincia de Córdoba.

Conceptos clave: diversidad animal, percepción, factores socio-culturales, factores biogeográficos, género, especie nativa, especie exótica.

Introducción

Este capítulo tiene como propósito describir algunos de los principales factores que influyen en las personas al percibir la biodiversidad, como son los socio-culturales y bio-geográficos. En relación con los primeros, se profundiza sobre el conocimiento *ecológico tradicional*, y se incorporan a la discusión las variables socio-económicas (que me-

dian la asistencia de alumnos a escuelas públicas o privadas), y el género. A su vez, se narran algunas de las preferencias y actitudes concretas hacia determinados animales relevadas en estudios llevados a cabo en distintos países, para luego describir los resultados de una investigación realizada en la provincia de Córdoba sobre el conocimiento de animales nativos por estudiantes del ciclo orientado de la escuela secundaria. Finalmente, se proponen tres actividades para la enseñanza y aprendizaje de la diversidad animal en la escuela.

1. ¿Cuáles son los factores que pueden influir en la percepción de la diversidad de especies?

Por “percepción” entendemos la identificación, interpretación y organización de las sensaciones para producir una experiencia significativa acerca del mundo (Schacter, Gilbert & Wegner, 2011), lo que se logra a partir de cierta actividad cognitiva del cerebro. La importancia de responder a esta pregunta radica principalmente en que estos factores pueden afectar el aprendizaje escolar y las decisiones de manejo y conservación de la biodiversidad que toman las personas. A continuación se describirán algunos factores que influyen en la percepción de la diversidad, poniendo énfasis en la diversidad de especies animales. En esta ocasión dejaremos fuera de análisis aspectos educativos como las prescripciones curriculares, las características institucionales, los conocimientos de los docentes, etc., ya que algunos de ellos fueron tratados en otros capítulos de este libro.

1.1 Factores socio-culturales

♦ *Conocimiento ecológico tradicional.* Es usual que en las clases de ciencias surjan en las voces de nuestros alumnos nociones sobre distintos aspectos de la biodiversidad que provienen de ámbitos no formales, como aprendizajes experienciales o que fueron transmitidos de abuelos a padres, y de éstos a sus hijos. Muchas veces pueden ser identificados como mitos, o más genéricamente como saberes “tradicionales” o “artesanales” sobre plantas, animales, sus comportamientos, usos, etc. En este sentido, se llama conocimiento ecológico tradicional (CET) a

este conjunto de saberes sobre procesos, habilidades, prácticas, innovaciones y aprendizajes ecológicos que forman parte del sistema de conocimiento de una sociedad y que no se limitan a ningún campo técnico (World Intellectual Property Organization [WIPO], 2007). Este concepto también ha recibido otros nombres, como conocimiento ecológico local, conocimiento indígena, alfabetización ecológica o, más genéricamente, conocimiento ecológico (Pilgrim, Cullen, Smith & Pretty, 2008). Estos conocimientos se transmiten de una generación a otra a través de la observación y de narrativas como una herramienta clave de supervivencia. Además, tienden a ser incorporados socialmente y, a menudo, contribuyen a las tradiciones culturales, identidades, creencias y visiones del mundo. Conviene destacar que aunque el CET es comúnmente estudiado en poblaciones indígenas o rurales, las personas que viven en ámbitos urbanos también poseen, desarrollan y transmiten conocimientos ecológicos tradicionales. Tal como se señalara en capítulos precedentes, aunque el CET puede complementar al conocimiento científico, ha sido generalmente denostado en la escuela en relación con sus criterios de validez y el conocimiento académico explicitado.

♦ *Socio-económicos*. La Argentina no sólo posee una estratificación social compleja (heterogeneidad social), sino que tiene considerables diferencias en la distribución de los recursos y las prácticas escolares (heterogeneidad escolar). Según un estudio realizado por Gamallo (2011), el 80 % de los estudiantes que asisten a escuelas públicas pertenecen a los hogares de los dos quintiles más pobres de la sociedad. A su vez, en los últimos años se ha incrementado fuertemente la afluencia al sector educativo privado. Cervini (2009), investigando el rendimiento académico de los estudiantes que asisten a escuelas públicas o privadas, encontró grandes diferencias tanto a nivel primario como secundario. En relación con ello, el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA)¹ reveló que las escuelas favorecidas económicamente de Argentina, a las que asisten estudiantes socio-económicamente favorecidos, tienden a tener más recursos educativos y a obtener mejores desempeños en ciencias. El poder adquisitivo de la familia y el nivel educativo de los padres también resultaron ser factores que influyen

¹ Si bien este programa compara los desempeños de los estudiantes de numerosos países en relación a ciertos “estándares” (lo que es cuestionable en términos de heterogeneidad cultural, distribución de riqueza, etc.), sólo nos centraremos en los resultados “hacia adentro” de Argentina.

en el rendimiento de los alumnos (Cervini). A pesar de los esfuerzos, estas diferencias no han logrado soslayarse a lo largo del sistema educativo, sino que se han profundizado: cuanto mayor es la ventaja socioeconómica de los estudiantes en Argentina, mayor es el incremento marginal observado en el rendimiento del estudiante.

En relación con los factores sociales que influyen en nuestra forma de interactuar con la naturaleza, retomamos las ideas de Pierre Bourdieu sobre las elecciones estéticas de las personas. Según el autor, éstas dependen de las *fracciones de clase* de los individuos, que distancian una clase social de otra por la definición de conceptos estéticos como el gusto (Bourdieu, 1984). Así, la auto-adscripción a una fracción de clase determinada se logra por la internalización de las preferencias por los objetos (como los animales) y comportamientos que son adecuados para un miembro de tal clase social (Bourdieu). Entonces, las predisposiciones a ciertos tipos de comida, música y arte (y de especies -desde nuestro punto de vista) terminan siendo inculcados y enseñados a los niños en la casa y en la escuela.

Algunas investigaciones se han propuesto estudiar cómo los conocimientos ecológicos de las sociedades se pierden en función de variables socioeconómicas como el producto interno bruto interno (Pilgrim et al., 2008). Se ha encontrado que el número medio de usos de plantas (indicador del CET) disminuye a una tasa más rápida cuando crecen el grado de desarrollo industrial, los ingresos per cápita y el índice de desarrollo humano. En Alemania, un país que posee estos elevados indicadores socio-económicos, Menzel y Bögeholz (2009) hallaron que los estudiantes creen que la biodiversidad se encuentra en África, América Central y en países empobrecidos económicamente. Estas nociones, si bien se superponen con el discurso científico sobre la distribución de la biodiversidad según distintos gradientes (latitudinal, altitudinal, etc.), guardan relación con el desconocimiento de las especies y ecosistemas locales. A su vez, estas ideas parecen empaparse de estereotipos que asocian lo urbano y artificial al desarrollo y a la falta de biodiversidad, en contraposición a lo “rural-natural-tercermundista-biodiverso”.

♦ *Género*. Las formas de clasificación con las cuales construimos el mundo en cuanto a la división de los sexos conducen a estereotipos asociados a lo que se considera “masculino” y “femenino”. Según Bourdieu (2000), esta división parece ser “normal, objetiva y natural”, pues se basa en la sexualidad biológica expresada en la dotación cromosómica XX (mujer) y XY (varón). Sin embargo, la carga biológica no puede comprenderse sin el género; es decir, el conjunto de expectativas y valores sociales establecidos para “lo femenino” y lo “masculino” (Morgade, 2001). Por ejemplo, las características que definen lo masculino en sociedades como la nuestra son lo “oficial, peligroso, público” y lo que ocurre en espacios abiertos; mientras, lo femenino nos remonta a lo “oficioso, mágico y ordinario” (Bourdieu).

En el proceso de construcción del género, algunos estudios advierten que los progenitores orientan más a los varones a asumir responsabilidades y riesgos, mientras que se espera que las niñas cultiven cualidades de gentileza, orden, tranquilidad y docilidad. Los juegos van de la mano de estas expectativas, ya que mientras los varones luchan con los padres y patean la pelota porque tienen que “descargar” energía (Morgade, 2001), las mujeres simulan ser madres y cocineras. Los dibujos presentes en los cuentos y libros de texto suelen reforzar estos estereotipos e inculcar formas particulares de relacionarnos con la biodiversidad: los niños cazan pajaritos o pescan mojarras y las niñas observan mariposas y huelen el perfume de las flores. Estas actividades relacionadas con lo que se espera de un niño y de una niña no son otra cosa que expresiones culturales de los roles de género que asignan determinadas acciones y estereotipos según el sexo biológico de las personas. Las escuelas, en tanto instituciones sociales, constituyen lugares de preparación, imposición y reproducción de los principios de dominación masculina sobre las mujeres, que en general transmiten una representación patriarcal (basada en la homología entre macho / hembra y adulto / niño) de sus propias estructuras jerárquicas y de las disciplinas (ciencias “blandas” frente a las “duras”) (Bourdieu, 2000).

Existe alguna evidencia de que ocurren diferencias de género en la percepción de la especie. En Europa, Prokop, Tuncer y Chudá (2007) hallaron que las niñas apreciaban más a las plantas que los varones; y en Argentina, Campos et al. (2012) encontraron que las niñas mencionaban más plantas ornamentales mientras que los niños estaban más fa-

miliarizados con las plantas silvestres. Algo similar fue hallado para las especies animales, ya que los varones nombraron más especies nativas que las mujeres, especialmente porque entraban en contacto con ellas en el campo o monte. Esto puede explicarse por el estereotipo de lo masculino asociado a “lo exterior” y lo femenino a lo “privado” y “doméstico” (jardín). En la provincia de Córdoba, estudios etnobotánicos sobre el conocimiento de los usos de las plantas dan cuenta de que las mujeres conocen y refieren en mayor medida a las especies medicinales, ya que suelen estar a cargo del mantenimiento de la salud familiar (Toledo, Galetto & Colantonio, 2009; Toledo, Trillo & Grilli, 2010).

1.2 Bio-geo-demográficos

El conjunto de relaciones climáticas de una zona con las especies allí vivientes, quienes comparten características similares como estructura y adaptaciones, definen los biomas, lo que sumado a factores geológicos (pasados y presentes) y a las relaciones filogenéticas determina la distribución biogeográfica de las especies. En este sentido, como la forma en que nos relacionamos con la biodiversidad y construimos representaciones sobre ésta depende de factores biogeográficos, sumamos al concepto anterior las variables demográficas; es decir, aquellas que cambian según la estructura, evolución y características de la población, en este caso, humana. Por ejemplo, se vio en este libro que un supuesto de la metodología de investigación antropológica por “listado libre” consiste en que las personas listan las especies principalmente de la zona donde viven. Numerosos estudios etnobiológicos han confirmado que la influencia ambiental es uno, sino el más importante, de los factores que influyen en la percepción, familiaridad (taxones conocidos) y conocimiento de las especies (por ejemplo, la riqueza de usos de plantas en medicina tradicional) (Toledo et al., 2009). En este contexto, es plausible pensar que el avance de la frontera agropecuaria en Argentina, que cambia la estructura del paisaje y reduce drásticamente la superficie de los bosques naturales, impacte en el conocimiento y el uso de la vegetación de las comunidades humanas que están en contacto estrecho con el ambiente, por ejemplo, al dificultar la realización de actividades rurales por tradición relacionadas con el bosque como la obtención de animales de caza, forraje para la cría de animales, plantas

y otros recursos medicinales y alimenticios, etc. De hecho, en la provincia de Córdoba se ha encontrado un conocimiento diferencial sobre las plantas nativas como recurso asociado con la pérdida del bosque según dos puntos de vista: uno ecosistémico y otro generacional. Toledo et al. (2010) analizaron el estatus de las especies medicinales (nativas o exóticas) mencionadas por habitantes de distintos departamentos de Córdoba (Pocho, Santa María, Minas, etc.), sus usos y la cobertura del suelo a través de imágenes satelitales, y concluyeron que la desaparición del bosque estaba relacionada con la pérdida del uso de plantas nativas. En otro estudio, Ferrer (1996) describe que los pobladores más añosos de las sierras, que se habían criado en ambientes boscosos, atribuían un mayor número de bienes y servicios ecosistémicos a los árboles que los pobladores más jóvenes, quienes crecieron en un ambiente ya deforestado. Como ciudadanos debemos ser conscientes de la pérdida de oportunidades de experimentar y conocer la naturaleza que tienen los niños en un contexto mundial de urbanización creciente, ya que no sólo se extinguen las especies sino también la experiencia de conocerlas y amarlas.

Algunos autores sostienen que las personas de comunidades rurales tienen más conocimientos acerca de la biodiversidad y del ambiente local que quienes viven en ámbitos urbanos. Sin embargo, no siempre se han encontrado resultados generalizables o que no hayan interactuado con otros factores explicativos como el género de las personas. Por ejemplo, Campos et al. (2012) hallaron que niños varones rurales conocían más especies nativas y nombraron más aves, insectos, reptiles y anfibios que las niñas rurales y urbanas de la provincia de Mendoza. A su vez, los autores encontraron que la fuente de conocimiento principal para los niños y niñas urbanos fue el jardín del hogar y los libros, mientras que el entorno natural fue la más destacada para los niños y niñas rurales.

Por otro lado, algunos estudios se han enfocado en la influencia del aislamiento geográfico de ciertas poblaciones rurales americanas sobre el CET, y se ha visto que el número de usos de plantas aumenta en poblaciones alejadas y desconectadas de los grandes asentamientos.

2. ¿Existen preferencias y actitudes más favorables hacia algunos animales en detrimento de otros?

Las actitudes pueden definirse como la tendencia psicológica que se expresa evaluando un hecho particular con algún grado de favoritismo o desfavor. Las actitudes humanas hacia los animales y el miedo a éstos están determinados por factores tanto socio-culturales como evolutivos. Teniendo en cuenta que los principales atributos de la alfabetización científica incluyen el desarrollo no sólo de conocimientos conceptuales y procedimentales sino también de actitudes, es importante influir de manera positiva en la valoración de los estudiantes hacia la biodiversidad en general y hacia los animales en particular. Aunque muchas veces se ha supuesto que el conocimiento conceptual lleva a una mejor actitud y al convencimiento sobre un concepto o teoría -y viceversa-, las investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de la evolución biológica y, tal vez más recientemente sobre la biodiversidad, dan cuenta de que no siempre se relacionan positiva y causalmente. Esta aclaración adquiere relevancia en el marco de los diseños curriculares nacionales y jurisdiccionales, en los que ha desaparecido la división de la reforma educativa anterior en tres tipos de contenidos (Ley Federal de Educación N° 24.195, de 1993)², y dado el interés de las posturas *constructivistas* de la educación en reconocer la pluralidad de intereses, representaciones y actitudes de nuestros alumnos.

Un intento de revisar la literatura especializada sobre la temática de las actitudes y conocimientos de los estudiantes hacia los animales puede darnos pistas acerca de los conocimientos y actitudes “previas” a la hora de enseñar la diversidad de animales y de los posibles obstáculos para su enseñanza y aprendizaje. En muchos países, entre los que se encuentra la Argentina, se ha encontrado un marcado énfasis en los animales catalogados como “amigables”, como los grandes mamíferos (“delfín”, “oso panda”, “koala”, etc.), especialmente aquellos con apariencia, inteligencia o comportamientos similares a los humanos (Ballouard, Brischoux & Bonnet, 2011; Lindemann-Matthies, 2005). Otros grupos de animales con alto grado de familiaridad y preferencia en los estudiantes son los domésticos y los que tienen o pueden tener algún tipo de relación positiva con el hombre (Campos et al., 2012). Por

² A partir de la Ley de Educación Nacional N° 26.206 de 2006 se definen Núcleos de Aprendizaje Prioritario.

el contrario, los animales “salvajes” son vistos por los escolares como típicamente agresivos, capaces de atacar y matar (Jiménez, 1998).

Por otro lado, se ha advertido sobre el escaso conocimiento de casi todos los invertebrados y de algunos vertebrados “menos carismáticos” o con “mala reputación” como ofidios y murciélagos, tanto en niños como adultos (Campos et al., 2012; Prokop & Tunnicliffe 2008). Prokop, Prokop y Tunnicliffe (2008) describen que a pesar de que los invertebrados realizan muchos servicios ecológicos esenciales para los seres humanos (como la polinización, la descomposición y el control biológico), existe una tendencia general a verlos negativamente. Como ejemplo emblemático a nivel mundial, la aracnofobia es una de las aversiones animales más comunes en la sociedad occidental. El temor a los arácnidos se atribuye tanto a factores biológicos como sociales, culturales y personales, atravesados por cuestiones de género, ya que, por ejemplo, se ha visto que los varones tienen menos temor a las arañas que las mujeres (Prokop, Tolarovičová, Camerik & Peterková, 2010). Algunos estudios europeos que se han enfocado en la relación conocimiento conceptual-actitud, han encontrado que un mayor conocimiento sobre insectos que pueden ser plaga, de animales depredadores (como lobos) o de vectores de enfermedades para el hombre (como ratones) se asocia con una actitud negativa hacia ellos (Prokop & Tunnicliffe, 2010). Por otro lado, el hecho de tener mascotas en el hogar se ha visto correlacionado con un mejor conocimiento y actitudes más favorables hacia animales “populares” e “impopulares”, especialmente en niños varones (Prokop & Tunnicliffe).

Las actitudes hacia los animales impactan en las tendencias de las personas para definir las preferencias de conservación. Por ejemplo, en España, Jiménez (1998) encontró que los estudiantes que poseen connotaciones negativas para con los animales “salvajes” dudan de la necesidad de que sean conservados. En un estudio similar realizado en Francia, alumnos de escuela primaria favorecieron la protección de animales exóticos altamente icónicos como el panda gigante y el oso polar (Ballouard et al., 2011). En cuanto a la conservación de los reptiles y otros animales “menos carismáticos”, los mitos pueden generar perspectivas positivas o negativas, ya sea si son odiados por estar asociados al pecado o al mal (como las serpientes) o si son amados al considerarlos portadores de poder y prosperidad.

3. ¿Qué especies de animales nombran como nativas alumnos de la provincia de Córdoba y qué razones dan para priorizar su conservación?

En un cuestionario escrito de “listado libre” se pidió a los alumnos que completaran con especies de animales nativos una lista de diez espacios en blanco numerados. Fueron encuestados catorce cursos del ciclo orientado de la escuela secundaria en la provincia de Córdoba, correspondientes a escuelas públicas y privadas con orientación en Ciencias Naturales (338 alumnos). El procedimiento de análisis de las respuestas fue similar al relatado en el capítulo 11, aunque la categorización de los taxones según el estatus de las especies se modificó de la siguiente manera: (a) *especie nativa* (original de Argentina, como el “cóndor andino” - *Vultur gryphus*), (b) exótica en sentido estricto (especie foránea que no haya sido introducida en Argentina, como el “panda gigante” - *Ailuropoda melanoleuca*), (c) *introducida* (especie exótica que se ha naturalizado en el país, y por lo tanto, se reproduce espontáneamente en la actualidad; por ejemplo, la “liebre europea” - *Lepus capensis*), (d) doméstica (especie exótica que es usada como mascota o como animal de granja, como el “perro” o el “caballo”), y (e) *mixta* (nombre de animal genérico, que corresponde tanto a especies nativas a nivel nacional como exóticas; por ejemplo “mono”). También se distinguieron las especies que fueran *nativas de la provincia de Córdoba* (original de la provincia homónima) de aquellas que lo fueran de la Argentina, pero con rango de distribución fuera de la mencionada provincia.

Se encontró que los alumnos de escuela secundaria de la provincia de Córdoba nombraron 217 especies en total, siendo las más frecuentes (en orden decreciente): el “puma”, el “cóndor”, la “liebre”, el “gato montés”, la “vizcacha”, el “zorro”, el “quirquincho”, el “cuis”, la “vaca” y la “yará” (Tabla 1). Es importante mencionar que de las catorce especies más nombradas por los alumnos, ocho fueron nativas de Argentina (y también para la provincia de Córdoba), incluso las dos más nombradas. Sin embargo, si consideramos los diez espacios brindados a los estudiantes para completar el listado de especies, la ausencia de respuesta fue la categoría más frecuente ($n = 659$). De hecho, menos de la mitad de los alumnos (46 %) nombró las diez especies animales solicitadas.

Orden	Nombre común (y científico)	Clasificación taxonómica			n	%	Estatus Argentina / Córdoba
		Clase	Orden	Familia			
1	No responde	-	-	-	659	22,53	-
2	“puma” (<i>Puma concolor</i>)	Mammalia	Carnivora	Felidae	164	5,57	Nativa/Idem
3	“cóndor” (<i>Vultur gryphus</i>)	Aves	Ciconiiformes	Ciconiidae	108	3,69	Nativa/Idem
4	“liebre” (<i>Lepus capensis</i>)	Mammalia	Lagomorpha	Leporidae	96	3,28	Introducida/Idem
5	“gato montés” (<i>Oncifelis geoffroyi</i>)	Mammalia	Carnivora	Felidae	79	2,70	Nativa/Idem
6	“vizcachá” (<i>Lagotomus maximus</i>)	Mammalia	Lagomorpha	Chinchillidae	74	2,53	Nativa/Idem
7	“zorro” (<i>Dusicyon spp.</i>)	Mammalia	Carnivora	Canidae	69	2,36	Nativa/Idem
8	“quirquincho” (<i>Chaetophractus villosus</i>)	Mammalia	Xenarthra	Dasypodidae	65	2,22	Nativa/Idem
9	“cuis” (<i>Microcavia australis</i>)	Mammalia	Rodentia	Caviidae	58	1,98	Nativa/Idem
10	“vaca” (<i>Bos primigenius</i>)	Mammalia	Artiodactyla	Bovidae	54	1,85	Doméstica/Idem
11	“yará” (<i>Bothropoides spp.</i>)	Reptilia	Serpentes	Viperidae	52	1,78	Nativa/Idem
12	“pato” (<i>Cirina spp., Netta spp., etc.</i>)	Aves	Anseriformes	Anatidae	47	1,61	Mixta/Idem
13	“caballo” (<i>Equus caballus</i>)	Mammalia	Perissodactyla	Equidae	42	1,44	Doméstica/Idem
14	“perro” (<i>Canis lupus familiaris</i>)	Mammalia	Carnivora	Canidae	42	1,44	Doméstica/Idem
15	“burro” (<i>Equus asinus</i>)	Mammalia	Perissodactyla	Equidae	41	1,40	Doméstica/Idem

Tabla 1 Frecuencias absolutas (n) y relativas (%), y estatus de las 14 especies animales más nombradas por estudiantes de escuelas secundarias, públicas y privadas de Córdoba, Argentina.

La alta frecuencia de mención del “puma” puede relacionarse particularmente a la relación que existe entre el humano y los carnívoros silvestres. Se conocen múltiples historias de conflictos y desencuentros con estos animales, los que generalmente derivan en un aumento de la vulnerabilidad o amenaza de extinción de muchas especies (Sillero, 2000). Como hemos visto en las preguntas precedentes de este capítulo, la percepción que los pobladores de áreas rurales tienen de los carnívoros silvestres está empapada de creencias y leyendas que se pasan de generación en generación y que mantienen vivo el rechazo o la actitud negativa hacia estas especies (Sillero). Al ser animales de tamaño similar al del hombre y al compartir su distribución, el “puma” y otros carnívoros como el “yaguaraté” han sido vistos como fuertes competidores del ser humano. Como consecuencia de la caza y persecución directa, además de la reducción de su hábitat, se ha alcanzado una eliminación casi completa de estos dos carnívoros en muchas regiones de Sudamérica (Chebez & Nigro, 2009).

Por su parte, el “cóndor” (segunda especie más nombrada por los estudiantes), es utilizado como especie bandera, lo cual le da una enorme importancia para la protección de áreas naturales y la conservación de la biodiversidad. Además, permite a las personas asociar esta especie con la generación de servicios ambientales, acciones de conservación de ecosistemas y mejorar la calidad de vida de las comunidades. La imagen del “cóndor” aparece como elemento de integración cultural y como un símbolo de identidad latinoamericana. Prueba de ello es que, según Aguirre (2003), figure en el arte indígena rupestre, en la cerámica, en el arte textil y también como parte de la expresión literaria, poética y musical. El “cóndor” también ha sido representado en numerosas historietas y caricaturas, en donde se lo caracteriza como una figura humanizadora y vinculada con los niños, tal como aparece en “Las aventuras de Penacho y Cataplún” y en las historietas de “Condorito”. En estas representaciones el cóndor tiene actos de hospitalidad relevantes que se expresan principalmente en la protección de los pequeños (Montealegre, 2007). Otro aspecto destacable en relación con esta especie es la creación en 1996 del Parque Nacional “Quebrada del Condorito”, establecido con el objetivo de proteger la naciente de las cuencas hídricas y para la conservación del hábitat de reproducción de esta especie en la Pampa de Achala.

El tercer animal más frecuentemente mencionado por los estudiantes fue la “liebre” (europea). Si bien esta especie no es originaria de Argentina, desde que fue introducida al país con fines recreativos en el año 1889 por un diplomático alemán, se ha expandido rápidamente desde principios del siglo XX (Jaksic, Iriarte, Jiménez & Martínez, 2002). Ello produjo el apartamiento de herbívoros nativos como la “mara” o “liebre patagónica” (*Dolichotis patagonum*), impactos negativos en las pasturas, en la agricultura y en la regeneración del bosque nativo, a la vez que favoreció la expansión de predadores locales como zorros y pumas. Esta especie parece haber perdido la categoría de “animal exótico” en las representaciones mentales de los argentinos.

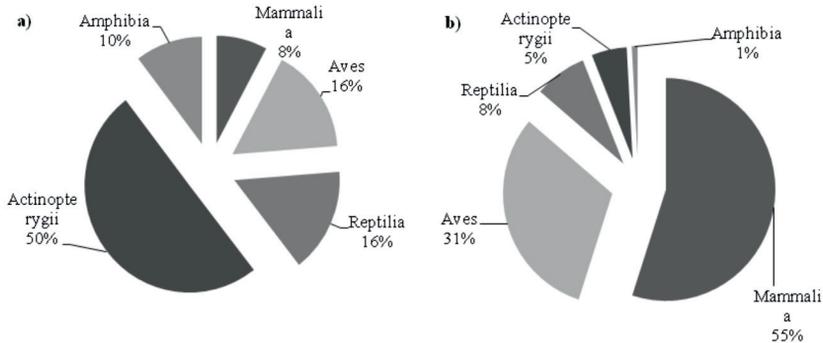


Figura 1. a) Abundancia relativa (%) de especies de cinco de las Clases del subphylum Vertebrata, según Species 2000 & ITIS Catalogue of Life (ver nota al pie número 3). b) Porcentaje de las especies de cinco clases de vertebrados que fueron nombradas por estudiantes de la provincia de Córdoba.

En relación con la clasificación taxonómica de los animales nombrados por los estudiantes en el presente estudio nos interesó mostrar la abundancia relativa de las Clases del subphylum Vertebrata (actualmente dividido en diez)³, que tuvieron representación a través de la mención de alguna especie (anfibios, mamíferos, aves, reptiles y actinopterygii; Figura 1a). La Clase con mayor número de especies es Actinopterygii, que condensa el 50 % de las especies de las cinco Clases graficadas, y que comprende a algunas de las especies de peces más conocidas). En segundo lugar se ubican los reptiles y aves, cada uno con el 16 % de la riqueza de las Clases de la Figura 1a, y en última posición, los mamíferos. En contraste con la cantidad de especies descritas hasta el momento para cada Clase, en la Figura 1 b se observa que los estudiantes nombraron mayormente especies de mamíferos y de aves (un 86 % de las especies mencionadas entre ambos grupos). Estos resultados ponen en evidencia, por un lado, la sobrerrepresentación de estos grupos en el conocimiento de los alumnos sobre de las especies de animales y, por otro, la sub-representación de otras clases, tales como Actinopterygii, la que sólo estuvo representada por el 5 % de las especies nombradas, a pesar de ser el grupo con mayor riqueza relativa.

³ Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, recurso digital disponible en: www.catalogueoflife.org/col.

La Figura 2a muestra que, teniendo en cuenta el estatus de las especies de animales, cerca del 65 % de las que mencionaron los estudiantes eran nativas de Argentina. La segunda categoría con más menciones fue la de especies domésticas, con menos del 20 %. Por otro lado, de las especies nativas para Argentina, la Figura 2b indica que el 87 % era originaria de Córdoba (como el “puma”, el “tatú carreta”, el “cóndor”), mientras que el 13 % restante se constituyó de especies de la Mesopotamia y Patagonia (como el “tucán” y el “pingüino”). Estos resultados ponen de manifiesto un buen conocimiento de la fauna nativa a escala regional (país) y local (provincia) en los estudiantes del ciclo orientado en Ciencias Naturales de la provincia de Córdoba.

En la búsqueda de los factores que puedan influir en el conocimiento de los estudiantes de Córdoba sobre la diversidad animal (pregunta 1) se analizó el tipo de gestión de las instituciones a las que asistían (escuela pública o privada), el género de los encuestados (varón o mujer) y la zona en donde vivían (capital o interior provincial) a través de pruebas estadísticas (modelos generalizados lineales mixtos, Tabla 2). Se encontró que los alumnos varones del interior provincial dieron más respuestas que los demás encuestados. Además, dentro de este grupo, aquellos que asistían a escuelas de gestión privada mencionaron mayor cantidad de animales nativos de Argentina. Por el contrario, los estudiantes de escuelas públicas que vivían en la ciudad de Córdoba nombraron una mayor cantidad de animales domésticos (como el “perro” y el “gato”).

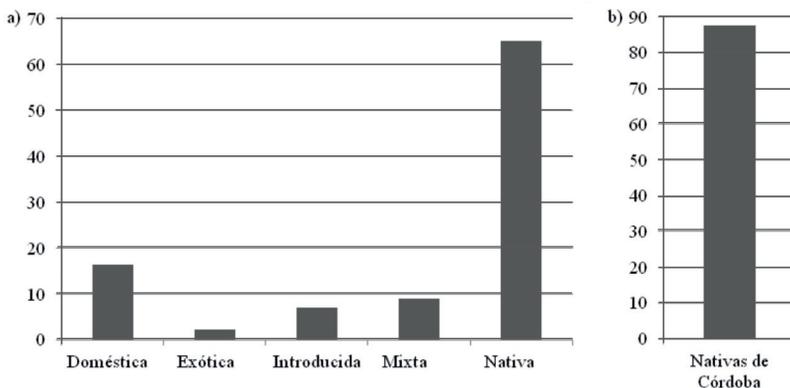


Figura 2. a) Frecuencia (en porcentaje) de las categorías referidas al estatus de las especies animales nombradas por alumnos de escuela secundaria de Córdoba (Argentina como criterio geográfico). b) Porcentaje de especies originarias de la provincia de Córdoba en relación al total de las especies categorizadas como nativas para Argentina.

En cuanto a la mención de especies introducidas y exóticas, solamente el factor “zona” fue significativo, estando más presentes en los listados de especies de los alumnos del interior provincial. De manera similar, las especies nativas de la provincia de Córdoba fueron más nombradas por los estudiantes varones del interior de la provincia.

Contexto geográfico	Número de: (variables)	Zona		Gestión escolar		Género	
		Ciudad de Córdoba	Interior provincial	Pública	Privada	Varón	Mujer
Argentina	Respuestas		✓				✓
	Nativas		✓		✓		✓
	Mixtas						
	Domésticas	✓		✓			
	Introducidas		✓				✓
	Exóticas		✓				
Córdoba	Nativas		✓				✓
	Nativas en las tres primeras especies mencionadas			✓			✓

Tabla 2. Factores (zona, gestión escolar y género) que explican la frecuencia con que los estudiantes de Córdoba mencionaron las especies animales según las categorías del estatus. Con tilde se señalan las casillas de cada factor en las que, a través de un análisis de modelos lineales generalizados mixtos (distribución binomial, número de ensayos = 10), se encontró que las frecuencias resultaron significativamente más altas.

4. ¿Qué razones priorizan los estudiantes para conservar a determinados animales?

A la misma muestra de alumnos del estudio anterior (pregunta 3), y luego de completar el listado libre con especies nativas, se le solicitó que diera el orden de prioridad (de 1 a 5, siendo “1” el más importante) para conservar al “oso panda”, mamífero herbívoro mundialmente conocido, y para conservar la primera especie de animal mencionada por ellos (cualquiera sea). Las razones prefijadas en el cuestionario se relacionaban con las siguientes cuestiones:

- a) estéticas (la especie es atractiva, agradable a los sentidos),
- b) éticas/filosóficas (la especie tiene derecho a existir),
- c) utilitarias (la especie tiene un uso concreto para la gente, por ejemplo, se come), y

d) funcionales (la especie sirve para mantener el ecosistema como está, por ejemplo, los bichos bolita que descomponen las hojas y liberan los nutrientes en el suelo).

También se dio la posibilidad de responder “ninguna razón” para conservar las especies.

Especies	Prioridad de razones para conservar				
	Estéticas	Éticas	Utilidad	Funcionamiento	Ninguna
Primera especie animal nativa (“puma”: 20,5 %)	2,9	2,1	3,0	2,2	4,5
“panda gigante” (<i>Ailuropoda melanoleuca</i>)	2,8	1,7	3,4	2,2 *	4,5

Tabla 3. Razones y prioridades (valores promedio) de conservación de especies dadas por alumnos de escuela media de Córdoba. Los valores prefijados iban de 1 a 5, siendo ‘1’ el más importante. * Estudiantes de escuelas privadas dan más prioridad que los de escuelas públicas.

Para la primera especie de animal listada por los alumnos (por ejemplo, el puma tuvo un 20,5 % de menciones en el primer lugar de la lista), las razones éticas y de funcionamiento fueron las priorizadas por los estudiantes (valores más cercanos a 1), independientemente de su género, la zona en la que viven y de la gestión escolar. En el caso del oso panda, las razones éticas fueron, una vez más, las de mayor importancia para la conservación, seguidas en este caso por las estéticas. Estos resultados sugieren que aunque el oso panda sea un animal altamente icónico por su apariencia “amigable” y muy valorado estéticamente en el ámbito cotidiano (pregunta 2 de este capítulo), los estudiantes avanzados de escuela secundaria de Córdoba parecen guiarse por principios éticos y por sus conocimientos de la “función” ecosistémica de la especie (cf. Ballouard et al., 2011). En este sentido, si bien las razones de funcionamiento tuvieron una prioridad secundaria, fueron más importantes para los alumnos de escuelas privadas que para los de escuelas públicas.

Por último, conviene destacar que la categoría de respuesta “ninguna razón para conservar” tuvo en ambos casos el último orden de prioridad, con lo que se concluye que los estudiantes siempre consideraron la posibilidad de evitar la extinción de las especies.

5. ¿Qué puedo hacer en el aula para enseñar este tema?

1) *Glosario de fauna*. Confección de fichas para las especies nativas, especialmente de las que sean desconocidas para los alumnos. La clasificación de las fichas dentro de una carpeta puede guardar relación con su estatus (especies nativas, exóticas, introducidas, domésticas, etc.), y la información que contenga puede dividirse los siguientes apartados: características morfo-fisiológicas y comportamentales, distribución y estado de conservación, importancia ecológica, notas periodísticas relacionadas, links a recursos web, fotos, etc. Este recurso sirve para tener un acceso fácil y rápido a información de especies con interés especial.

2) *Depende... de según cómo se mire*. Se propone trabajar en grupos de alumnos que representen a animales con tamaños y rangos de distribución diferentes para concientizarse de las distintas visiones y para cuestionar la hegemonía antropocéntrica. En este mismo sentido, esta instancia representa una oportunidad de centrarse en animales que no sean mamíferos. La consignas pueden orientarse a “dibujar” el ambiente como lo vería una lombriz, un bicho bolita, un caracol, un opilión, una mojarrita, un cuis, una lampalagua, un chingolo, un cóndor y un puma, o a “representar” con el cuerpo sus movimientos y expresiones, sus sonidos con la voz, etc.

3) *Si lo sabe cante*. Se trata de realizar un juego en el que un alumno de un equipo imite el canto de aves, en el que sus nombres estarán escritos en sobres cerrados y serán elegidos al azar, a la vez que sus compañeros intentarán adivinar de qué especie se trata. Cada grupo sumará puntos por cada respuesta correcta y ganará el equipo que más cantos de aves haya reconocido. El alumno “imitador”, que rotará entre los integrantes de cada grupo, puede valerse de alguna tecnología como reproductor MP3 o teléfono celular para escuchar el sonido original con auriculares. Sería conveniente que esta actividad sea llevada a cabo cuando toda la clase haya escuchado y conocido las especies antes del juego. En la sección “sitios web recomendados” encontrarán páginas donde escuchar los sonidos de diversas especies, e incluso en <http://www.xeno-canto.org/> pueden ser descargados gratuitamente los cantos de muchas aves. Se sugiere adaptar el conjunto de especies al ámbito geográfico de los estudiantes, por ejemplo, para Córdoba pueden ser útiles las siguientes aves: “inambú serrano”, “carpintero real”, “ratona” o “curucucha”, “benteveo común”, “biguá”, “calandria”, “cotorra”, “pirincho”, “tero” y “hornero”.

Referencias bibliográficas

- Aguirre, S. (2003). *Mitos de Chile. Diccionario de seres, magia y encantos*. Santiago de Chile: Sudamericana/ Random House Mondadori.
- Ballouard, J. M., Brischoux, F. & Bonnet, X. (2011). Children prioritize virtual exotic biodiversity over local biodiversity. *PloS One*, 6(8), e23152.
- Bourdieu, P. (1984). *Distinction: A social critique of the judgment of taste*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bourdieu, P. (2000). *La dominación masculina*. Barcelona: Anagrama.
- Campos, C. M., Greco, S., Ciarlante, J. J., Balangione, M., Bender, J. B., Nates, J. & Lindemann-Matthies, P. (2012). Students' familiarity and initial contact with species in the Monte desert (Mendoza, Argentina). *Journal of Arid Environments*, 82, 98-105.
- Cervini, R. (2009). Comparando la inequidad en los logros escolares de la educación primaria y secundaria de Argentina: un estudio multinivel comparativo. *REICE*, 7(1), 5-21.
- Chebez, J. C. & Nigro, N. A. (2010). *Aportes preliminares para un plan de conservación y manejo del Puma (Puma concolor) en la República Argentina*. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Ferrer, G. (1996). La agrosilvicultura ligada con el conocimiento local. *Leisa Revista de Agroecología*, 12(1), 22-23.
- Gamallo, G. (2011). Mercantilización del bienestar. Hogares pobres y escuelas privadas. *Revista de Instituciones, Ideas y Mercados*, 55, 189-233.
- Jaksic, F. M., Iriarte, J. A., Jiménez, J. E. & Martínez, D. R. (2002). Invaders without frontiers: cross-border invasions of exotic mammals. *Biological Invasions*, 4(1-2), 157-173.

- Jiménez, M. (1998). Concepciones sobre algunas especies animales: ejemplificaciones del razonamiento por categorías. Dificultades de aprendizaje asociadas. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 147-157.
- Lindemann-Matthies, P. (2005). ‘Loveable’ mammals and ‘lifeless’ plants: how children’s interest in common local organisms can be enhanced through observation of nature. *International Journal of Science Education*, 27(6), 655-677.
- Menzel, S. & Bögeholz, S. (2009). The loss of biodiversity as a challenge for sustainable development: How do pupils in Chile and Germany perceive resource dilemmas?. *Research in Science Education*, 39(4), 429-447.
- Montealegre, J. (2007). Identidad y representaciones en un mundo globalizado. El cóndor: Familiaridad cultural e identidades diversas. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 18, 2-13.
- Morgade, G. (2001). *Aprender a ser mujer, aprender a ser varón. Relaciones de género y educación, esbozo de un programa de acción*. Buenos Aires: Ediciones Novedades Educativas.
- Pilgrim, S. H., Cullen, L. C., Smith, D. J. & Pretty, J. S. (2008). Ecological knowledge is lost in wealthier communities and countries. *Environmental Science & Technology*, 42(4), 1001-1009.
- Prokop, P., Tuncer, G. & Chudá, J. (2007). Slovakian students’ attitudes toward biology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 287-295.
- Prokop, P. & Tunnicliffe, S. D. (2008). “Disgusting” animals: primary school children’s attitudes and myths of bats and spiders. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 4(2), 87-97.
- Prokop, P., Prokop, M. & Tunnicliffe, S. (2008). Effects of keeping animals as pets on children’s concepts of vertebrates and invertebrates. *International Journal of Science Education*, 30(4), 431-449.

- Prokop, P. & Tunnicliffe, S. D. (2010). Effects of having pets at home on children's attitudes toward popular and unpopular animals. *Anthrozoos*, 23(1), 21-35.
- Prokop, P., Tolarovičová, A., Camerik, A. M. & Peterková, V. (2010). High school students' attitudes towards spiders: a cross cultural comparison. *International Journal of Science Education*, 32(12), 1665-1688.
- Schacter, D. L., Gilbert, D. T. & Wegner, D. M. (2011). *Psychology*. New York: Worth Publishers.
- Sillero, C. (2000). Resolución de conflictos entre los grandes carnívoros y el hombre. *Mastozoología Neotropical*, 7(2), 69-72.
- Toledo, B. A., Galetto, L. & Colantonio, S. (2009). Ethnobotanical knowledge in rural communities of Cordoba (Argentina): the importance of cultural and biogeographical factors. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 5, 40.
- Toledo, B. A., Trillo, C. & Grilli, M. (2010). Uso de plantas medicinales en relación al estado de conservación del bosque en Córdoba, Argentina. *Ecología Austral*, 20(3), 235-246.
- World Intellectual Property Organization (WIPO). (2007). Intergovernmental committee on intellectual property and genetic resources, traditional knowledge and folklore, the protection of traditional knowledge: revised objectives and principles, WIPO/GRTKF/IC/12/5(c) of 6 December 2007.

Lecturas recomendadas

1) Bertonatti, C. & Perez, L. (2009). *La naturaleza de la patria. Valor y cuidado de la biodiversidad argentina*. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara / Ministerio de Educación de la Nación.

Libro descargable en el sitio web de la Fundación que lo edita, sobre las ecorregiones de Argentina, las especies amenazadas, "bandera" y monumentos naturales, y las estrategias de conservación.

2) Brown, A., Martínez Ortiz, U., Acerbiy, M. & Corcuera, J. (2006). *La situación ambiental Argentina 2005*. Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina. Extraído el 10 de diciembre, 2014, de <http://www.fvsa.org.ar/situacionambiental/navegador.html>.

Libro que relata el estado del arte en cuestiones ambientales de nuestro país según las ecorregiones y problemáticas específicas como el cambio climático, la degradación del suelo y la contaminación.

3) Chebez, J. C. & Rodríguez, G. (2013). *La fauna gringa. Especies introducidas en la Argentina*. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural Félix de Azara / Vazquez Mazzini.

Libro sobre la problemática de la fauna exótica en la Argentina a través de un análisis de las causas, orígenes y secuelas del fenómeno, aportando ideas para atenuar las consecuencias.

4) Costa-Neto, E. M., Santos-Fita, D. & Clavijo, M. (2009). *Manual de Etnozoología: una guía teórico-práctica para investigar la interconexión del ser humano con los animales*. Valencia, España: Tundra Ediciones.

Guía teórico-práctica sobre cómo pensar e investigar la forma en que los grupos humanos conciben, clasifican y se relacionan con el resto de los animales.

Sitios web recomendados

1) Sistema de Información sobre Biodiversidad. (<http://www.sib.gov.ar/>).

Es un portal oficial donde se ofrece información técnica (distribución, características, sonidos, etc.) de numerosas especies y áreas protegidas de la Argentina.

2) Fundación de Historia Natural Félix de Azara. (<http://www.fundacionazara.org.ar/recurso-educativos.html>).

Institución no gubernamental y sin fines de lucro creada en 2000, publica recursos educativos que pueden ser descargados gratuitamente de su sitio web.

3) Avibase. (<http://avibase.bsc-eoc.org/avibase.jsp>).

Es una extensa base de datos de las aves del mundo, contiene información sobre unas 10.000 especies de aves, incluyendo su distribución, taxonomía, sinónimos y el sonido de su canto.

4) La voz del Interior. (<http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/cayo-la-poblacion-de-perdices-y-liebres>). (<http://www.lavoz.com.ar/ambiente/pocas-acciones-contra-animales-invasores>).

Notas periodísticas del diario (La voz...) sobre la invasión de especies animales en la provincia de Córdoba y la situación actual de especies presionadas por la caza, una de ellas invasora (liebre europea).

5) Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (<http://www.iucnredlist.org/>).

Organización internacional dedicada a la conservación de la biodiversidad, publica la lista roja de especies según distintos grados de amenaza (en inglés).

Autoevaluación

- 1) ¿Qué factores socio-culturales influyen en la percepción de la biodiversidad y por qué?
- 2) ¿Cuáles son los animales que más mencionan los estudiantes como nativos de la provincia de Córdoba?
- 3) ¿Cuáles son los principales factores que influyen en la respuesta de los estudiantes sobre la consideración de animales nativos de Córdoba?
- 4) ¿Qué representaciones sociales se relacionan con el puma y el cóndor?
- 5) ¿Qué razones priorizan los estudiantes para conservar ciertas especies de animales?

Sobre los autores



Gonzalo M.A. Bermudez (centro) es Doctor, Profesor en Ciencias Biológicas y Biólogo por la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Se desempeña actualmente como Profesor Adjunto en las cátedras de Didáctica General y Especial en la FCEFyN, UNC. Es investigador asistente del CONICET. Investiga las concepciones sobre la diversidad biológica, la transposición didáctica y el discurso educativo. E-mail: gbermudez@com.uncor.edu

Luisina Battistón (izquierda) es Profesora en Ciencias Biológicas y realiza su tesis de grado de Ciencias Biológicas, ambas carreras en la FCEFyN, UNC. Desde el año 2012 se desempeña como ayudante alumno en investigación en las cátedras de Didáctica, analizando los conocimientos de estudiantes de Córdoba sobre las especies de plantas y animales. E-mail: luisina.battiston@gmail.com

Lía P. García (derecha) es Magister y Especialista en Gestión Ambiental por la Facultad de Ingeniería y Ciencias Sociales, Universidad Nacional de San Luis, y Bióloga por la FCEFyN, UNC. Se desempeña como docente de escuela secundaria y forma parte del equipo de investigadores en proyectos relacionados con las concepciones de la diversidad biológica. E-mail: liapgarcia@gmail.com

Capítulo 13. En el jardín de la escuela: ¿quiénes viven y qué hacen?

*Susana Lagos Silnik, Florencia Fernández
Campón y Claudia M. Campos*

Universidad Nacional de Cuyo - IADIZA (CONICET)

Resumen

El jardín de la escuela constituye un ecosistema, y los organismos que viven en él establecen interacciones que favorecen los procesos ecosistémicos. Los alumnos del Departamento de Aplicación Docente de la Universidad Nacional de Cuyo (Mendoza), conviven con estos organismos sin conocer mucho de su biología e interacciones. Para aproximarse a su conocimiento, alumnos de cuarto año tomaron muestras de plantas y de fauna del suelo con trampas de caída y con colecta manual. Además, analizaron las diferencias entre dos microhábitats (suelo y follaje) y reconstruyeron las redes tróficas del jardín, identificando qué especies, nativas o exóticas, cumplen los roles de productor, consumidor y descomponedor. Así, los alumnos tuvieron una aproximación al estudio de su medio ecológico inmediato poniendo en práctica métodos propios de la Ecología.

Conceptos clave: artrópodos, biodiversidad, especies nativas y exóticas, funciones ecosistémicas, interacciones, muestreo.

1. Introducción

El Departamento de Aplicación Docente (DAD) de la Facultad de Filosofía y Letras, de la Universidad Nacional de Cuyo, creado como escuela del tercer ciclo de la Educación General Básica, según la Ley Federal de Educación, experimentó un cambio curricular en los últimos años y se convirtió en una escuela secundaria. El proyecto de la Orientación de Ciencias Naturales tiene un enfoque biológico relacionado con la Ecología y la diversidad biológica. En sus espacios de definición institucional (EDI) se trabajan contenidos de Ecología de Poblaciones, Ecología de Comunidades y Ecosistemas, y la biodiversidad. El DAD

está emplazado en el piedemonte mendocino, un ecosistema semiárido cuyo principal beneficio ambiental es la prevención del riesgo aluvional gracias a la vegetación nativa que protege al suelo de la erosión hídrica y eólica. Cada vez que miramos por la ventana vemos al oeste el piedemonte semiárido y al este el Parque General San Martín, un ecosistema urbano que se mantiene verde por el riego artificial. Este marcado contraste funciona como disparador de preguntas sobre lo natural y lo artificial y la relación Hombre- Naturaleza.

En este contexto se llevó a cabo una actividad de reconocimiento de los organismos del jardín de la escuela, un ámbito de recreo pero pobremente aprovechado como “laboratorio”. Se trata de un gran espacio que conserva flora nativa del piedemonte mendocino junto con ejemplares de plantas, principalmente árboles, cultivados para dar sombra. Al colegio llegan constantemente animales provenientes de los alrededores (arañas, insectos, aves) o de la fauna urbana (palomas, cucarachas) que despiertan preguntas y todo tipo de sentimientos de aprehensión o curiosidad.

Algunos estudios indican que los estudiantes urbanos tienen poco conocimiento sobre la fauna nativa, y sólo han tenido contacto con estas especies a través de los libros, visitas al zoológico y la televisión (Campos et al., 2012). En general, los alumnos tienen temor o aprehensión hacia estas especies debido a su desconocimiento. Más aún, muchos estudiantes tienen un concepto basado en mitos y leyendas que se transmiten socialmente (Urones, 2008), y que produce en muchas personas el rechazo y el miedo. Por ejemplo, la imagen de las arañas generada por los cuentos, películas, dibujos animados, etc. no es positiva. Estas especies siempre son las “malas” en las películas (por ejemplo Aracnofobia o Harry Potter) o libros (como El Señor de los Anillos) generando imágenes sesgadas y estereotipadas que condicionan la visión de los estudiantes. Algo similar ocurre con otros animales. En realidad, algunas especies de arañas o escorpiones pueden ser perjudiciales para la salud humana pero la inmensa mayoría no reviste mayor peligro. Al ser predatoras generalistas se alimentan de toda clase de artrópodos, principalmente insectos que, en ocasiones, generan enfermedades o pérdidas económicas. Por otro lado, alimentan a muchas especies de vertebrados (aves, reptiles y mamíferos) jugando un papel significativo en casi todos los ecosistemas. Por lo tanto su conocimiento aporta a su conservación.

2. *Objetivos*

- 1) Descubrir parte de la biodiversidad oculta del jardín del colegio
 - ♦ conociendo las especies de plantas, insectos y arácnidos presentes en el jardín y su rol en la red de interacciones biológicas,
 - ♦ poniendo en práctica algunos de los métodos de muestreo que se usan para estudiar la biodiversidad, y
 - ♦ trabajando en grupo, potenciando habilidades sociales.
- 2) Reconstruir parte de las *relaciones tróficas* que se desarrollan en el ecosistema del jardín de la escuela
 - ♦ asignando las especies encontradas a los *grupos funcionales*: productor, herbívoro, carnívoro, detritívoro y omnívoro, y
 - ♦ reconstruyendo parte de las tramas tróficas y de las interacciones biológicas del jardín.
- 3) Comunicar lo vivenciado, poner en palabras las experiencias
 - ♦ elaborando un póster con información seleccionada y organizada por el grupo de alumnos, y
 - ♦ expresando oralmente las experiencias, metodologías y resultados obtenidos.

3. *Desarrollo*

3.1 *Recuperación de conocimientos y experiencias*

Una etapa fundamental para favorecer el aprendizaje consiste en lograr el acercamiento entre los conocimientos nuevos y los que ya poseía la persona que está aprendiendo. Para esto es necesario buscar la manera de relevar los saberes y experiencias y tomarlos como base para edificar nuevos aprendizajes. Durante esta actividad se trabajó con los alumnos los conceptos de ecosistema y sus componentes, comunidades, recursos y reguladores. Se elaboraron listas preliminares de los posibles componentes que encontraríamos en nuestro jardín.

Los alumnos recorren diariamente este jardín en los recreos, horas libres y demás. Aunque el espacio es amplio y está separado del sector construido, muchas veces se encuentran organismos dentro del edificio escolar que provienen del exterior. Por ejemplo, la chinche molle (*Agathemera* sp.), que inunda los pasillos con su característico olor, segregado como defensa. También hay arañas de la familia Lycosidae, avispas cartoneras (*Polistes* sp.) y otros. Estas especies suelen generar, en algunos casos, sentimientos de curiosidad y, en otros, aprehensión, miedo o asco. Estas últimas actitudes pueden provocar acciones negativas hacia los animales. En lugar de sacarlos del colegio tienden a eliminarlos.

3.2 Exploración

Durante esta etapa, los alumnos tomaron contacto con los organismos de su paisaje habitual en otro contexto, el jardín de la escuela, lo que les permitió comenzar a tomar conciencia de la diversidad biológica de su ambiente. Se realizaron dos caminatas de reconocimiento para observar las especies de plantas. Una de ellas fue con el objetivo de estimar la riqueza de plantas (número de especies) y la asignación preliminar a los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo y, dentro de éste último, la diferenciación entre hierbas y gramíneas. Para esto, previamente se acordaron los criterios de asignación a estratos y de clasificación de las plantas utilizando un herbario fotográfico y, en el caso de hierbas y gramíneas, herborizando una parte de la planta. En la segunda caminata, los alumnos recorrieron el predio censando y mapeando las especies encontradas.

Entre las plantas registradas se encontraron especies nativas como la jarilla (*Larrea cuneifolia*), la jarilla macho (*Zuccagnia punctata*), presentes también en el entorno circundante al colegio, y otras exóticas como eucaliptus y jacarandá, plantados para sombra. Esto dio lugar a la discusión sobre el origen de las plantas del jardín y el resultado de la conjunción de diversos orígenes, sus usos humanos y niveles de tolerancia¹. En los espacios desmontados hay cardo ruso (*Salsola kali*) y amor seco (*Bidens pilosa*), especies invasoras cuyas semillas transportan los

¹ Varias plantas del piedemonte tienen espinas y no sería conveniente tenerlas en un lugar de tránsito como el patio de la escuela, por lo que fueron sacadas del patio para evitar accidentes.

alumnos pegadas en su ropa cada vez que se acercan descuidados a un fruto.

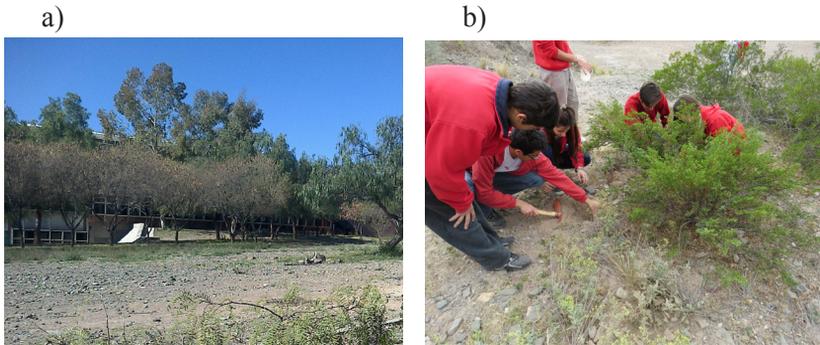


Figura 1. a) Patio del Departamento de Aplicación Docente. b) Alumnos en el patio del colegio instalando las trampas.

3.3 Muestreo de artrópodos

Grupo 1: artrópodos de la vegetación.

Se trabajó golpeando suavemente la vegetación y poniendo debajo una superficie cóncava (bolsa- paraguas) donde se colectaron los artrópodos de las plantas. Estos fueron guardados en tubos con alcohol para conservar los ejemplares y acondicionarlos para su posterior identificación.

Grupo 2: artrópodos epígeos.

Se instalaron 20 trampas de caída (pitfall) que consistieron en frascos de plástico de 12 cm de diámetro y 10 cm de profundidad, con un tercio de agua con unas gotas de detergente para romper la tensión superficial. Las mismas fueron enterradas en el suelo hasta el borde y disimuladas con ramas. Permanecieron activas (abiertas) durante una semana. Paralelamente se llevó a cabo un muestreo manual bajo piedras, colectando con pinzas los ejemplares encontrados.

3.4 *Análisis de los datos*

Todos los grupos acondicionaron los materiales colectados en el laboratorio. Los encargados de la vegetación armaron herbarios y colección de fotos. Posteriormente, identificaron las especies de plantas con ayuda de la bibliografía, de las imágenes del herbario digital del IADIZA (CONICET, Mendoza) y con la ayuda de los docentes del colegio. Los grupos que muestrearon artrópodos retiraron las trampas de caída, sacaron el agua y los restos de materiales, separaron y limpiaron los artrópodos, montaron los insectos con alfileres en cajas entomológicas o en frascos con alcohol al 70 %, en el caso de ser arácnidos. Para identificar los artrópodos colectados los alumnos consultaron a los docentes, a las colecciones digitales y a la colección del colegio. Todo el material fue debidamente etiquetado, consignando lugar y fecha de colección, método de colecta y nombre del colector. Esta tarea dio lugar a la discusión sobre la importancia de las colecciones como material de referencia para los estudios de la biodiversidad.

3.5 *Integración de conceptos*

Se organizó una actividad donde, por grupos, los alumnos analizaron y discutieron las siguientes ideas:

- ♦ Los seres vivos están influenciados por el ambiente que los rodea. Su existencia depende de los recursos disponibles y está determinada por ciertas condiciones o factores reguladores.
- ♦ Los seres vivos están determinados por las interacciones que establecen con los demás organismos, especialmente las interacciones alimentarias.
- ♦ Cada especie afecta el ambiente que lo rodea, dentro de lo que definimos como *nicho ecológico*, al tiempo que ocupa el espacio que le corresponde en función de su régimen alimentario y de sus competidores.

Se discutió críticamente algunos aspectos del trabajo; por ejemplo, el hecho de que en cada estación las plantas ofrezcan recursos alimentarios diferentes influye sobre la presencia de las especies de herbívoros

y, por consiguiente, en la de carnívoros. Dado que los muestreos se realizaron durante 7 días del mes de agosto, con condiciones meteorológicas y fenológicas particulares, muchos ejemplares de artrópodos que se sabe que están en el piedemonte mendocino no cayeron en las trampas. Los alumnos pudieron conocerlos mediante una colección de referencia proporcionada por el docente. En esta colección se observaron, cuando fue posible, los aparatos bucales de los artrópodos colectados para asignarlos a alguno de los grupos alimentarios mencionados. También se utilizó información de la bibliografía y del docente.

3.6 Reconstrucción de la red trófica

Se elaboraron listas de especies pertenecientes a los siguientes *grupos funcionales*: plantas, herbívoros, carnívoros, detritívoros y omnívoros. Los alumnos tapizaron el pizarrón con carteles donde estaban escritos los nombres de las especies. Luego reconstruyeron la red alimentaria del jardín uniendo con flechas cada especie con aquellas otras con las que interactúa e identificando la interacción.

3.7 Comunicación de los resultados

Se organizaron grupos de 4 personas, cada grupo preparó un aspecto del trabajo en forma de póster. Entre los temas de los pósters estaban: “El ecosistema del jardín del DAD”, “Técnicas para muestrear artrópodos”, “Interacciones entre las especies del jardín del DAD”, “Las plantas del jardín del DAD, cuáles son autóctonas y cuales exóticas”, “Insectos y arácnidos de importancia médica en Mendoza”, etc.

Durante una sesión de pósters, cada grupo explicó a los demás y a las autoridades invitadas los distintos aspectos del trabajo.

Se trabajó todo el tiempo impulsando el *trabajo cooperativo*, en el que los estudiantes ejercitan prácticas de comunicación, con un estilo académico. Trabajar en grupo favorece el aprendizaje, todos aprenden más y mejor con la ayuda de sus compañeros. Entre ellos revisan sus ideas y construyen significativamente su conocimiento mediante el contraste de puntos de vista y la comparación de las expectativas iniciales con las experiencias reales (Jorba & Sanmartí, 1994).

Se intentó incentivar el uso de palabras adecuadas, aunque se valoró también la expresión propia de los alumnos, el uso de sus propias palabras, su forma de comprender los objetivos, su memoria visual y sensible, su aptitud para dibujar y dejar constancia de lo que han podido experimentar y aprender. Se valora la dimensión estética e inspiradora del medio ambiente para despertar la curiosidad de los alumnos y captar su atención. Comprendemos mejor aquello a lo que hemos podido acercarnos, aquello con lo que hemos tenido una experiencia casi íntima, lo que hemos hecho nuestro, lo que hemos aprendido a amar de algún modo (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2011).



Figura 2. a) y b) Plenario y afiches de los alumnos.

3.8 Consideraciones que se tuvieron en cuenta

Tanto los materiales colectados en las trampas como los artrópodos observados en colecciones sirvieron para reconstruir parte de las redes tróficas y ubicar a cada especie en su contexto natural. El trabajo tuvo algunas limitaciones, como por ejemplo la no inclusión de los vertebrados que habitan el jardín y forman parte de estas redes de relaciones. Además, la época de muestreo no fue la más apropiada para registrar la diversidad de artrópodos del piedemonte, los cuales tienen sus picos de actividad y mayores densidades poblacionales en verano. De todas maneras, la experiencia de aprendizaje fue sumamente rica ya que los alumnos pudieron experimentar el trabajo tal cual se realiza en los estudios de *ecología de comunidades*.

4. Conclusiones generales

La mayoría de los estudiantes valoraron el trabajo de campo como un aspecto importante en la búsqueda de respuestas a las preguntas sobre biodiversidad. Sin dudas, el contacto directo con la naturaleza es clave para alcanzar familiaridad con la biodiversidad nativa y con los problemas ambientales locales. Asimismo, el estudio de las adaptaciones de las especies y de las interacciones entre los organismos ayuda a comprender la complejidad del ecosistema y el valor ecológico de los seres vivos, más allá de apreciaciones poco favorables que puedan tener algunas especies.

Finalmente, esta experiencia didáctica resulta en el acercamiento a la ciencia en su hacer y en su forma de pensar, a través del uso de metodologías propias de los estudios científicos aplicadas a un trabajo en el jardín de la escuela.

Referencias bibliográficas

- Campos, C. M., Greco, S., Ciarlante, J. J., Balangione, M., Bender, J. B., Nates, J. & Lindemann-Matthies, P. (2012). Students' familiarity and initial contact with species in the Monte desert (Mendoza, Argentina). *Journal of Arid Environments*, 82, 98-105.
- Jorba, J. & Sanmartí, N. (1994). *Enseñar, Aprender y Evaluar: Un proceso de Regulación Continua. Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemática*. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura.
- UNESCO. (2011). Material educativo para los países situados en zonas montañosas. En Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (ed.), *Programa sobre el Hombre y la Biósfera. Manual del Profesor*. Francia.
- Urones, C. (2008). Conocimientos de los estudiantes de Magisterio sobre diversidad animal y arañas. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 1(42), 507-515.

Lecturas recomendadas

1) *Manual de Bosques Nativos de Mendoza. Un aporte desde la Educación Ambiental.* (2012). Dirección de Recursos Naturales Renovables. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Gobierno de Mendoza.

El manual pretende brindar conocimientos científico-técnicos adaptados a finalidades pedagógicas, utilizando recursos didácticos, para que puedan ser articulados en los respectivos currículos educativos de nivel medio y superior.

2) Campos, C. M. & De Pedro, M. C. (2001). *La Vida en las Zonas Áridas. El Desierto Mendocino.* Mendoza, Argentina: ZETA Editores.

Este libro presenta información acerca de los ambientes áridos del mundo, del país y de Mendoza. Muestra la biodiversidad, sus adaptaciones e interacciones así como los problemas ambientales de estos ecosistemas.

3) Campos, C. M., Borghi, C. E., Giannoni, S., Ortiz, G. & Pastrán, G. (2007). *La fauna en los desiertos de altura: características, usos y potencialidades en la zona de influencia de San Guillermo.* Mendoza, Argentina: ZETA Editores.

Aquí se puede aprender sobre las características de los organismos de altura, con especial énfasis en los ecosistemas de Cuyo y sus problemáticas ambientales.

Sitios web recomendados

1) Instituto Argentino de Investigaciones de la Zonas Áridas (IADIZA), CONICET. (<http://www.mendoza-conicet.gob.ar/portal/iadiza/paginas/index/material-didactico>).

En esta página se pueden descargar publicaciones de divulgación realizadas en el IADIZA, CCT- Mendoza).

2) INTERBIOIDES (Interacciones Biológicas del Desierto). (<https://sites.google.com/site/interbiodes/education/educacion-ambiental-extension/material-didactico-didactic-material>).

Es la página web del grupo de investigación de la Universidad Nacional de San Juan y del IADIZA, donde muestran y comparten su trabajo.

3) BIOTA. (<https://www.facebook.com/Asociacion.Biota>).

Asociación civil orientada a la conservación de la biodiversidad a través de la investigación y la educación ambiental.

4) Blog de la Profesora Nora Besso. (<http://laprofebessoenlanube.blogspot.com.ar/>).

Espacio virtual que recopila ideas pedagógicas, herramientas tic de uso educativo, tutoriales, reflexiones relacionado con las Ciencias Naturales.

5) Departamento de Aplicación Docente (DAD), Orientación en Ciencias Naturales. (<http://naturalesdeldadenlanube.blogspot.com.ar/>).

El blog de la Universidad Nacional de Cuyo es un espacio para compartir material didáctico multimedia, avisos, información y producciones de los profesores y de los alumnos.

Sobre las autoras



Susana Lagos Silnik (centro) es Prof. de Biología y Bióloga por la Universidad Nacional de Córdoba UNC). Dra. en Ciencias Biológicas por la UNCuyo. Docente de casi todos los niveles educativos. Actualmente trabaja en el Departamento de Aplicación Docente (DAD), de la UNCuyo y en el Laboratorio de Entomología del IADIZA- CONICET Mendoza. E-mail: slagos@mendoza-conicet.gob.ar; lagossusa@gmail.com

María Florencia Fernández Campón (derecha) estudió la Lic. en Ciencias Biológicas en la UBA y luego se doctoró la Universidad de Tennessee, USA. Actualmente trabaja como Investigadora Asistente en el Laboratorio de Entomología del IADIZA, CCT CONICET Mendoza. E-mail: fcampon@mendoza-conicet.gob.ar

Claudia Mónica Campos (izquierda) es Bióloga, Prof. de Biología y Dra. en Ciencias Biológicas de la UNC. Investiga en ecología de tierras secas y conservación de la biodiversidad. Ha ejercido docencia en educación formal y no formal, e investigación en centros extranjeros (Universidad de Zürich, Suiza). Actualmente es Investigadora Adjunta del IADIZA, CCT CONICET Mendoza. E-mail: ccampos@mendoza-conicet.gob.ar; claudia.monica.campos@gmail.com

Capítulo 14. Educación ambiental no formal en bosques urbanos: un aula verde en la ciudad

María Laura Perasso y Diana Perazzolo

Universidad Católica de Córdoba

Resumen

La deforestación avanza sobre el Espinal reduciéndolo a fragmentos aislados inmersos en un paisaje agrícola, perdiéndose la oportunidad de obtener beneficios de sus servicios ecosistémicos de suministro, regulación y culturales. Dicha problemática puede abordarse desde la educación ambiental no formal, incentivando un conocimiento más profundo de la flora, la fauna y las características de la propia localidad, mediante la utilización de bosques urbanos como aulas verdes. La propuesta enfatiza la importancia de la exploración del entorno local con base en la vinculación íntima y profunda con la naturaleza a través de lo sensorial y el disfrute estético. Esta estrategia, reconocida como práctica educativa innovadora por iniciativas oficiales de estímulo a la innovación educativa, comprende un trabajo conjunto universidad-escuela, donde se utilizan los recursos educativos de nivel universitario y un fragmento de bosque nativo, perteneciente al Jardín Botánico Gaspar Xuárez sj, ubicado en la periferia urbana de la ciudad de Córdoba, Argentina.

Conceptos clave: deforestación, conservación, educación ambiental, jardín botánico.

1. Introducción

El Espinal, como tantas otras ecorregiones, se encuentra seriamente amenazado. La deforestación, por el avance de las fronteras agrícola y urbana así como por la tala indiscriminada, lo ha reducido a fragmentos aislados inmersos en un paisaje agrícola (Zak & Cabido, 2004). Las causas son múltiples y se destacan, entre otras, el aumento de la población y la desvalorización de la naturaleza. El incremento poblacional humano se caracteriza, a su vez, por su concentración en las grandes urbes, en las cuales reside más de la mitad de la población mundial. Este fenómeno se presenta, en mayor medida, en Latinoamérica, donde

casi el 80 % de sus habitantes se han convertido en urbanitas (ONU Hábitat, 2012). De este modo surge una secuencia viciosa que afecta en gran medida la biodiversidad del planeta: incremento poblacional, mayor concentración en las ciudades, más necesidad de espacio y alimentos, avance descontrolado de las fronteras agrícola y urbana, desvalorización de la naturaleza, pérdida de áreas naturales. En esta dinámica se pierde no sólo la oportunidad de obtener beneficios de los servicios ecosistémicos de suministro, de regulación y culturales que nos brinda la naturaleza, sino también espacios valiosos donde poder interactuar con ella, reconocerla y revalorizarla en nuestra escala de valores. Como corolario, en el diseño de las ciudades, existe una clara subvaloración de los espacios verdes urbanos que se degradan o no son considerados en el crecimiento no planificado de las mismas. Así, el urbanita, alejado del medio natural se ve impedido de entender los procesos que mantienen la vida en el planeta y piensa que la ciudad vive de sí misma, ignorando que la vida humana se concentra en la ciudad, pero que el sostén de la misma está en la naturaleza que la rodea. La separación física y psicológica entre el ambiente de la ciudad y el del campo se amplía a medida que las ciudades crecen, se industrializan y se alejan de las áreas rurales con las que anteriormente se conectaban. Los sistemas de desagüe y de abastecimiento de agua no dejan indicación alguna de que el agua que se obtiene a través de la canilla de la cocina, tiene su origen en los bosques de las montañas y en los paisajes de las cuencas superiores; o que el agua de lluvia que se escurre por los resumideros constituye parte de un ciclo hidrológico continuo. Resulta difícil también, asociar el césped cortado y los árboles de la calle con los organismos encargados de convertir la energía proveniente del sol en alimento y materiales necesarios para la supervivencia. Por su parte, los microclimas regulados con el aire acondicionado y las plantas de plástico de los centros comerciales ignoran el ciclo de las estaciones y los procesos naturales que sostienen la vida, reforzando el aislamiento. Aun así, gracias a la creatividad esencial de la naturaleza, los procesos modificados y degradados continúan funcionando. Nuevas comunidades de plantas pioneras se instalan en lugares abandonados donde no llegan los cortapastos, plantas que a menudo llamamos “yuyos” se convierten en especies pioneras que se adaptan al rigor del clima y prosperan formando nuevas comunidades. El espinillo, en algunos casos despreciado, es un fiel representante de esta vegetación, pudiendo ver ejemplares de esta especie creciendo airoso en los espacios semi abandonados de las autopistas.

El aprovechamiento de los espacios verdes y los bosques urbanos, con actividades en la naturaleza, permite que los niños tengan la oportunidad de vivir aventuras y puedan avanzar en el descubrimiento y el conocimiento de los principios que rigen la vida cotidiana en el mundo que los rodea. La vida de los organismos, su diversidad e interacción, las variaciones del clima, el paso de las estaciones, la medición del tiempo, así como sus propias capacidades para descubrir las relaciones necesarias entre los seres vivos y el planeta, son temas que pueden tratarse en forma lúdica y son de gran impacto emocional.

El acceso a estas experiencias no significa mayores costos, sino simplemente aprovechar los espacios naturales que se encuentran en la ciudad y explorar el entorno local percibiendo la vinculación íntima y profunda con la naturaleza, a través de lo sensorial y del disfrute estético.

Plazas, parques naturales, jardines botánicos o la simple orilla de un río nos darán el escenario oportuno para percibir los ciclos naturales y reconocer los procesos que mantienen la vida en el planeta. El contacto con las comunidades de plantas nativas que crecen a nuestro alcance puede ayudar enriquecer la experiencia y el aprendizaje científico y la conciencia ambiental.

En resumen, se propone enfatizar la importancia de la exploración del entorno local, con base en la vinculación íntima y profunda con la naturaleza a través de lo sensorial y el disfrute estético.

2. Estrategias propuestas

a) Objetivos de aprendizaje:

- ♦ Reconocer y caracterizar diferentes especies, animales y vegetales.
- ♦ Adquirir destrezas y utilizar herramientas para su identificación y descripción.
- ♦ Implementar técnicas de propagación de especies vegetales nativas.

b) Contenidos principales:

- ♦ Sensibilización hacia la problemática ambiental.
- ♦ Valoración de la biodiversidad en todas sus formas.
- ♦ Conocimiento de la morfología vegetal y su adaptación al medio.
- ♦ Manejo de técnicas e instrumental de nivel científico.

c) Contexto de la experiencia.

Cualquier espacio verde urbano, donde exista biodiversidad, puede favorecer el vínculo con la naturaleza. Desde el año 2006 hasta la actualidad, el Jardín Botánico Gaspar Xuárez sj de la Universidad Católica de Córdoba, ha realizado innumerables experiencias con estudiantes de diversos niveles, tanto educativos (inicial, primario, secundario y universitario), como socioeconómicos y culturales. Se ha diseñado un programa educativo con estrategias ajustadas a las diversas edades en las cuales se logran relacionar temas tan variados como biodiversidad, adaptación al medio, servicios ecosistémicos, conocimientos etnobotánicos, etc. (Perazzolo & Garibotti, 2006). A su vez, el trabajo conjunto universidad-escuela permite utilizar los recursos educativos universitarios de nivel científico y adaptarlos a los escolares para acercar a los estudiantes a nuevas experiencias educativas; del mismo modo brinda la oportunidad de vislumbrar un futuro escenario de estudios superiores como una etapa más en su formación académica (Perazzolo, Eynard, Perasso & Salia, 2012).

3. Actividades

3.1 Reconocimiento y caracterización de la flora nativa del Espinal

Una estrategia que permite reconocer fácilmente la vegetación de una región es la utilización de una clave dicotómica botánica; tal como lo hacen los taxónomos. La *clave dicotómica*, llamada así por presentar siempre dos dilemas, está realizada en forma sencilla y con terminología de uso corriente que nos ayuda a identificar la vegetación a partir de caracteres morfológicos visibles. Una vez incorporada la metodología

de uso, la clave puede ser llevada y utilizada en diferentes espacios naturales de la región como los Parques o Reservas Naturales. A partir de reconocer las diferentes especies que caracterizan nuestros bosques, incluidos sus nombres científicos y vulgares, se da pie a los participantes a que expongan sus conocimientos sobre usos y costumbres de las especies detectadas; es frecuente el aporte de aquel estudiante que recuerda a su abuela en la preparación de una infusión curativa.

Como forma de ahondar en el reconocimiento vegetal, se sugiere utilizar instrumental científico que ofrezca una mayor resolución: es el caso de las lupas binoculares que se utilizan para descubrir las adaptaciones ambientales de los vegetales; tales como pelos, tricomas, espinas, nervaduras, estructuras reproductivas, detalles de frutos, etc. (Figura 1a). Esta experiencia, anexada al uso de claves botánicas, permite a los estudiantes introducirse en el fascinante mundo vegetal, su adaptación al medio y su evolución.

Objetivos:

- ◆ Conocer herramientas disponibles para la identificación y caracterización botánica.
- ◆ Comprender los principios de la clasificación botánica.
- ◆ Aprender a usar una clave dicotómica y el uso de instrumental científico.
- ◆ Reconocer las diferentes especies que componen la flora nativa del Espinal y sus posibles usos.

Tiempo aproximado: 1:30 h.

Materiales: clave dicotómica botánica, lupa.

Método:

- ◆ Formar equipos de 3 o 4 personas.
- ◆ Recorrer el lugar y reconocer los vegetales a partir de la clave botánica.

- ♦ Reconocer el nombre científico y el nombre común, y relacionarlos con las características morfológicas del vegetal.
- ♦ Indagar los posibles usos medicinales o alimenticios de cada vegetal reconocido.
- ♦ Relacionar caracteres morfológicos con la adaptación al ambiente.

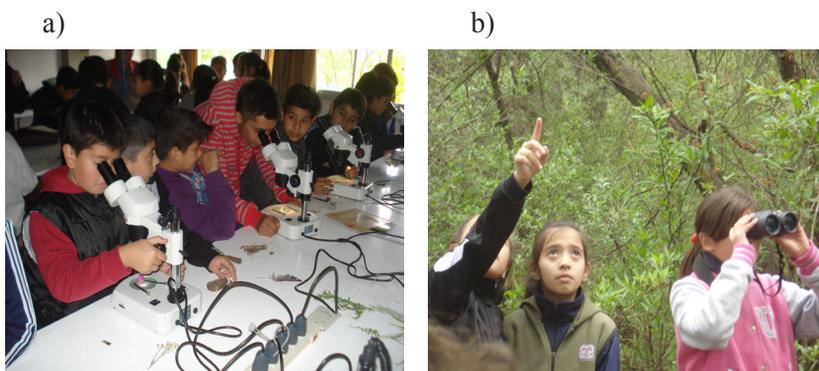


Figura 1. a) Reconocimiento de estructuras vegetales con el uso de lupas binoculares. b) Reconocimiento de avifauna.

3.2 Reconocimiento de avifauna

En un bosque urbano donde prime un alto porcentaje de flora nativa en su composición se puede realizar avistaje de aves autóctonas (Figura 1b). Utilizando la técnica de clave dicotómica, con descripción de caracteres sencillos y con un guía de campo que asista a los escolares, es posible reconocer las principales aves que habitan nuestros bosques. Y si disponemos de recursos más sofisticados como un dispositivo móvil o reproductor de Mp3 y una grabación de vocalizaciones de aves, se pueden identificar los mismos, con mayor exactitud, utilizando la técnica de *playback*. Comparar la cantidad y diversidad de aves en un ámbito natural, contra lo que podemos encontrar en un espacio urbanizado nos permitirá inferir la pérdida de biodiversidad que ocasiona el avance de las urbes por sobre los espacios naturales y su alto valor como refugio de biodiversidad.

Objetivos:

- ♦ Conocer herramientas disponibles para la identificación de avifauna.
- ♦ Identificar la variedad de caracteres de las diferentes especies de aves.
- ♦ Reconocer las diferentes especies de aves que habitan en un bosque nativo.
- ♦ Reconocer sus cantos a través de la técnica de *playback*.

Tiempo aproximado: 1:00 h.

Materiales: clave dicotómica de avifauna, binoculares, registro sonoro de vocalizaciones de aves.

Método:

- ♦ Formar equipos de 3 o 4 personas.
- ♦ Recorrer el lugar y por medio de los binoculares, reconocer las aves a partir de la clave.
- ♦ Reconocer el nombre científico y vulgar, relacionarlos con la fisonomía de la especie.
- ♦ Aprender la técnica de *playback*.

3.3 Búsqueda de Tesoros

Otra estrategia que permite a los estudiantes acercarse a los vegetales en forma lúdica es una búsqueda de “tesoros naturales” y contrastarlos con objetos de origen antrópico. Se establecen una serie de consignas como formas, color y tamaño de hojas, tipos de frutos, indicios de presencia animal, rastros de presencia antrópica, etc. así como una canción en la cual se nombre a un vegetal. Los participantes se dividen en grupos pequeños y se establece un tiempo de recorrido prudencial. Al finalizar, se selecciona el que cumpla correctamente con todas las consignas. Esta dinámica cumple con el propósito de acercar al estudiante

a la naturaleza a través de todos sus sentidos. Y si a esta estrategia la combinamos con la posibilidad de mirar los “tesoros naturales” a través de una lupa binocular, la experiencia se transformará en sorpresa al ver la naturaleza diminuta en toda su magnitud.

Objetivos:

- ◆ Desarrollar habilidades y adquirir un conocimiento significativo y vivencial sobre la naturaleza.
- ◆ Observar las características generales de la flora de nuestra región, distinguir los rasgos adaptativos de acuerdo a su hábitat y diferenciarlos de los antrópicos.
- ◆ Detectar impactos negativos ocasionados por la intervención humana.
- ◆ Relacionar el arte musical (una canción) con la naturaleza.

Tiempo aproximado: 1:00 h.

Materiales: hoja de consignas, bolsa para recolección.

Método:

- ◆ Formar equipos de 3 o 4 personas, indicar las consignas y establecer tiempo de búsqueda.
- ◆ Recorrer el lugar y recolectar los ítems de la consigna.
- ◆ Recordar canciones de la infancia que nombren un vegetal.
- ◆ Gana el equipo que complete todas las consignas correctamente.

Ejemplo de consignas: una hoja aciculada (con forma de aguja), una hoja palmada (con forma de mano), una hoja compuesta (formada por varias hojitas), dos frutos diferentes (uno seco y uno caroso), un indicio de vida animal, un resto de actividad humana, detectar una intervención antrópica, registrar un sonido de la naturaleza, cantar una canción que haga alusión a un vegetal.

3.4 Reproducción de vegetación nativa

La experiencia de reproducir plantas ofrece a los estudiantes la percepción del paso de las estaciones y la necesidad de cuidados que requiere un vegetal en crecimiento. Sumado a estas experiencias sensoriales, conocer las diferentes metodologías para lograr la germinación de una gran variedad de especies nativas aporta conocimientos sobre la adaptación al medio que permite a los vegetales sobrevivir a climas extremos o a características de suelo particulares. Colectar semillas, realizarles tratamientos pregerminativos y utilizar botellas plásticas reutilizadas en forma de macetas, para proceder a la siembra y germinación de especies autóctonas, pondrá en evidencia la capacidad de cuidado y dedicación de los participantes. La vegetación nativa se reproduce naturalmente por sus semillas, las que pueden presentar diversas formas de adaptación para sobrevivir a los rigores del clima y el ataque de los animales.

Objetivos:

- ◆ Reconocer la diferencia entre fruto y semilla.
- ◆ Detectar diferentes adaptaciones para la sobrevivencia de las semillas.
- ◆ Aplicar diferentes métodos para romper la dormición de las semillas.
- ◆ Aprender la técnica de composición de sustrato y armado de macetas así como la siembra y cuidado posterior de la plántula.

Tiempo aproximado: 1:00 h.

Materiales:

- ◆ Bolsa de recolección, trincheta y lija gruesa.
- ◆ Botellas plásticas de 1,5 l de capacidad.
- ◆ Granza, sustrato, agua para riego.

Método:

- ♦ Recolectar semillas de árboles nativos.
- ♦ Aplicar los métodos pregerminativos necesarios para cada especie.
- ♦ Preparar el sustrato, armar las macetas.
- ♦ Sembrar 1 o 2 semillas por maceta.
- ♦ Regar copiosamente y colocar a media sombra.

4. Conclusiones e implicancias

Pasamos gran parte de nuestra existencia diaria en lugares diseñados para encubrir los procesos que sustentan la vida, lo cual contribuye al acusado empobrecimiento sensorial del entorno en el que vivimos. Según algunas observaciones se percibe un sistema educativo influenciado por los medios masivos de comunicación, omnipresentes en las grandes urbes, con lenguajes y conocimientos aportados más por la televisión y las computadoras que por la experiencia sensorial. Si bien estos medios de comunicación dan la oportunidad de acercarnos a nuevos conocimientos sobre la naturaleza, el mismo es un acercamiento pasivo, sin olores ni ruidos más sutiles que adormecen la capacidad de encantamiento que surge del descubrimiento y de la experiencia directa con la naturaleza (Frangi, 1997; Louv, 2012). Sobre este tema y sus investigaciones, Louise Chawla de la Universidad de Colorado (citado en Sobel, 1995) encontró un patrón interesante: el compromiso de gran cantidad de ambientalistas es atribuido por ellos mismos a la combinación de dos circunstancias, muchas horas transcurridas en lugares silvestres o semi-silvestres en su infancia o adolescencia y un adulto que les enseñó acerca de la naturaleza. Por su parte, este autor subraya la importancia de dar la oportunidad a los niños de vincularse con la naturaleza, aprender a amarla y sentirse cómodos con ella antes de preguntarles cuál es la manera de protegerla, y agrega: “Nuestro problema es que tratamos de invocar el conocimiento y la responsabilidad, antes de permitir que una relación amorosa florezca” (Sobel, p. 5).

La experiencia urbana de naturaleza es en general una vivencia idealizada, en pantallas de computadora o en una excursión al zoológico, con tigres y elefantes detrás de las rejas. La deforestación del Amazonas o la extinción de animales ocurren fuera de nuestro entorno, son cosas que pasan “allá afuera”, alejadas de las preocupaciones de la gente de la ciudad. Podemos apreciar que nuestros niños conocen más de animales y bosques de zonas lejanas que de su propio entorno, barrio o región (Hough, 1998) y esto se refleja en una encuesta realizada a los niños de edad escolar que asisten a las visitas de nuestro Jardín Botánico, la que demostró que conocen más los animales salvajes que se encuentran detrás de los barrotes del zoológico que a los animales autóctonos (M.C. Eynard, comunicación personal, 18 Noviembre, 2014). Por ello puede decirse que reconocer nuestra flora y fauna, tanto como hacer visibles los procesos biofísicoquímicos que mantienen la vida, son componentes esenciales de la conciencia ambiental y una base necesaria para inducir a la acción.

Referencias bibliográficas

- Frangi, J. (1997). *El paisajismo desde la óptica ecológica y la educación ambiental. Los jardines históricos y su trascendencia en el nuevo paisajismo*. La Plata, Argentina: LiNTA.
- Hough, M. (1998). *Naturaleza y ciudad: Planificación urbana y procesos ecológicos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Louv, R. (2012). *Volver a la naturaleza. El valor del mundo natural para recuperar la salud individual y comunitaria*. Barcelona: Integral.
- ONU Hábitat (2012). *Estado de las Ciudades de América Latina y el Caribe 2012, Rumbo a una nueva transición urbana*. Nairobi: UN Hábitat.
- Perazzolo, D. & Garibotti, F. (2006). *Jardín Botánico “Gaspar Xuárez SJ”*. Un jardín convertido en aula. *Diálogos Pedagógicos*, 4(8), 75-78.
- Perazzolo, D., Eynard, C., Perasso, M. L. & Salia, F. (2012). Reverdecido el Espinal. Una experiencia educativa que vincula la escuela, la universidad y el Jardín Botánico. *Diálogos Pedagógicos*, 10(20), 157-161.

Sobel, D. (1995). Beyond ecophobia: reclaiming the heart in nature education. *Clearing*, 91, 16-20.

Zak, M. & Cabido, M. (2004). Do subtropical seasonal forests in the Gran Chaco, Argentina, have a future? *Biological Conservation*, 120(4), 589–598.

Lecturas recomendadas

1) Carvalho, I. C. D. M. (2008). *Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico*. San Pablo: Cortez.

Realiza un aporte hacia la formación de la capacidad de leer e interpretar un mundo complejo y en constante transformación.

2) Ham, S. H. (1992). *Interpretación ambiental: una guía práctica para gente con grandes ideas y presupuestos pequeños* (No. P01 51). Colorado: North American Press.

Interpretación versus educación formal, estrategias para preparar actividades guiadas y autoguiadas. Estudios de caso.

3) Hough, M. (1998). *Naturaleza y ciudad: planificación urbana y procesos ecológicos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

Explica los procesos naturales en las ciudades. Utiliza un lenguaje simple, ejemplifica con gráficos y datos numéricos, y aporta soluciones de diseño para hacer más habitables las ciudades.

4) Linares, E. & Hernández, C. (2003). *Actividades prácticas para alumnos del bachillerato en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM*. México: Universidad Autónoma de Méjico.

Ofrece estrategias educativas que pueden realizarse con estudiantes de nivel medio tanto en un Jardín Botánico como en cualquier área con vegetación.

5) Louv, R. (2012). *Volver a la naturaleza. El valor del mundo natural para recuperar la salud individual y comunitaria*. Barcelona: Integral.

Plantea la dimensión psicológica de la problemática del alejamiento de la naturaleza y su posible solución a través de su disfrute.

Sitios web recomendados

1) Actas de los Congresos Internacionales de Educación en Jardines Botánicos. (http://www.bgci.org/education/edu_proceedings/).

Ofrece artículos sobre la conservación de la vegetación y resúmenes de estrategias educativas presentadas en c/u de los ocho Congresos Mundial de Educación en Jardines Botánicos. En inglés.

2) Ginkgo Educación. (<http://www.ginkgoeducacion.com/recurso>).

Sitio del Jardín Botánico de Valencia. Ofrece recursos educativos para realizar on-line y material educativo en pdf.

Sobre las autoras



María L. Perasso (izquierda) es Bióloga y Profesora en Cs. Biológicas (UNC)- Maestría en Manejo de Vida Silvestre (UNC) en curso. Ornitóloga, educadora ambiental e investigadora, docente nivel medio y superior. Adscripta al Seminario Producción de Espacios Verdes, Facultad de Cs. Agropecuarias (UCC). Staff Jardín Botánico Gaspar Xuárez sj. (UCC). E-mail: laura_perasso@yahoo.com.ar

Diana A. Perazzolo (derecha) es Ingeniera Agrónoma, Especialista Planeamiento Paisajista y Medio Ambiente (UNLP), Magister en Arquitectura Paisajista (UCC). Paisajista, educadora ambiental, docente e investigadora. Docente Titular Seminario Producción Espacios Verdes, Facultad de Cs Agropecuarias (UCC) y de Gestión Ambiental, Facultad de Ingeniería (UCC). Docente posgrado Planificación y Diseño del paisaje FAUD (UNC). Directora Jardín Botánico Gaspar Xuárez sj. (UCC). E-mail: dperazzolo@hotmail.com

Capítulo 15. La enseñanza de la diversidad de hongos: una propuesta para la recuperación, integración y articulación de contenidos

Carlos Urcelay, Silvana Longo, Alejandra Becerra, Claudia Daga,
Eduardo Nouhra, Graciela Daniele y Laura Domínguez
Universidad Nacional de Córdoba

Resumen

Con el objetivo de promover la recuperación, integración y articulación de grupos taxonómicos, incluyendo la vinculación entre contenidos de clases teóricas y prácticas en la materia que estudia la diversidad de hongos en la Escuela de Biología (FCEFNU-UNC), se desarrolló una *propuesta innovadora*. La misma implicó el abordaje de distintos grupos de hongos y mohos gelatinosos en el marco de un núcleo temático integrador relacionado con una problemática ambiental relevante a nivel regional: las invasiones biológicas. Para ello se llevó a cabo un trabajo de campo donde los alumnos colectaron cuerpos de fructificación de hongos en bosques nativos y bosques exóticos de pinos (estos últimos invasores de las serranías de Córdoba). Posteriormente identificaron las especies en un trabajo práctico de laboratorio. Con el fin de generar la apropiación del conocimiento, los resultados obtenidos por los alumnos en el campo y en el laboratorio formaron parte de los contenidos del núcleo integrador abordado en una clase teórica.

Conceptos clave: diversidad biológica, núcleo integrador, problemáticas ambientales, innovación, trabajo de campo, práctico de laboratorio, identificación de hongos.

1. Introducción

El estudio de la biodiversidad es uno de los aspectos centrales de la Biología. En un sentido amplio, el abordaje de la diversidad biológica implica el estudio de la *variedad de los organismos vivos, su organización, sus esquemas de parentescos y clasificación, sus interacciones y su distribución en la tierra*. En la Escuela de Biología de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina) estos contenidos se abordan

en cuatro materias denominadas Diversidad Vegetal I y II y Diversidad Animal I y II. Estas materias son obligatorias para todos los estudiantes de las Carreras de Ciencias Biológicas y Profesorado en Ciencias Biológicas.

Entre los grupos más importantes que se estudian en la materia Diversidad Vegetal I se encuentran los hongos (Fungi) y los mohos gelatinosos (Myxogastria) (Figura 1). Los contenidos de estos grupos se abordan en “clases teóricas”, fundamentalmente expositivas, y en “clases prácticas” donde se estudian materiales representativos mediante el uso de lupa y microscopio. A lo largo de la materia, los distintos grupos taxonómicos se estudian desde una perspectiva filogenética de manera “lineal”, es decir sucesivamente en el tiempo.

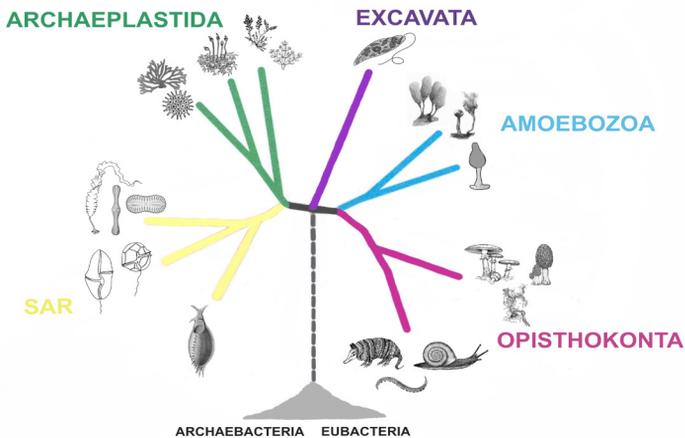


Figura 1. Árbol filogenético simplificado de los organismos eucariotas sobre el que se basa la clasificación de los mismos (adaptado de Adl et al., 2012). Se señala la ubicación filogenética de los “mohos gelatinosos” (Myxogastria) dentro de Amebozoa y los hongos (Fungi) dentro de Opisthokonta.

El desarrollo de la materia también incluye una *actividad de campo* que pone a los docentes y alumnos en contacto directo con el objeto de estudio en su ambiente natural. Tradicionalmente dicha actividad ha consistido en recolección azarosa de materiales destinados a ser estudiados en un trabajo práctico al final de la materia.

Una problemática frecuentemente observada en los alumnos que cursan y luego rinden los exámenes de la materia Diversidad Vegetal I es la dificultad para integrar diferentes aspectos de los organismos estudiados, incluyendo sus historias evolutivas, relaciones de parentesco, ecología y distribución, entre otros. Es decir, se percibe que los estudiantes pueden acreditar los conocimientos de cada uno de los grupos biológicos, pero que lo hacen de forma fragmentaria y les resulta difícil relacionar y articular los contenidos, incluyendo los de clases teóricas con los de los trabajos prácticos. Esa escasa articulación entre los contenidos de la materia se observa también al comparar contenidos *entre* materias (Urcelay, 2011). Esto constituye un importante obstáculo en el proceso de aprendizaje que se espera para un estudiante universitario. Esta problemática nos llevó a poner en marcha una *propuesta innovadora* que fue implementada por primera vez en el primer cuatrimestre de 2014, y es motivo de esta contribución.

2. Fundamentos de la propuesta: ¿qué entendemos por innovación?

Nos referimos a innovación como:

La interrupción de una determinada forma de comportamiento que se repite en el tiempo. Se legitima dialécticamente con la posibilidad de relacionar esta nueva práctica con las ya existentes a través de mecanismo de oposición, diferenciación o articulación. (Lucarelli, 2004, p. 3)

En este caso, la nueva práctica estuvo dada por la incorporación de nuevos contenidos conceptuales y procedimentales, estableciendo mecanismos de articulación entre éstos y los contenidos tradicionales de la materia.

Existen sólidas líneas de evidencias que muestran que la ‘recuperación’ de contenidos previamente abordados constituye una acción fundamental para la consolidación y el aprendizaje de los mismos (Karpicke, 2012). Esa recuperación puede ser potenciada si implica

búsqueda de relaciones, interconexión e integración de contenidos no sólo dentro de una asignatura sino también entre las asignaturas de la carrera universitaria (Coll, 2003). En relación a esto, se ha sugerido enfáticamente la necesidad de una mejor articulación vertical y horizontal de los contenidos de las asignaturas de la Carrera de Ciencias Biológicas de la UNC a partir de su abordaje en núcleos temáticos integradores (Comisión de planes de estudio de Cs. Biológicas, FCEFNU-UNC, 2008). Sumado a esto, es necesario “favorecer el desarrollo de procesos de apropiación del contenido por parte de los estudiantes, de manera tal que los nuevos aprendizajes se articulen significativamente con los existentes, integrándose con ellos o reemplazándolos” (Lucarelli, 2004, p. 3).

El objetivo de la propuesta es, entonces, recuperar e integrar contenidos, articular estrechamente las clases teóricas y prácticas y hacer partícipes a los alumnos de la construcción de dichos contenidos para lograr una mayor apropiación de los mismos.

3. Propuesta

La propuesta incluye incorporar una serie de núcleos temáticos que permitan recuperar y abordar desde una perspectiva integradora distintos grupos biológicos estudiados. Uno de esos núcleos, “relación entre los organismos estudiados y las problemáticas ambientales globales”, también actúa como articulador de contenidos teóricos y prácticos de la materia y de contenidos de distintas materias. También implica que los alumnos participen de la obtención de datos para construir los contenidos a través de los muestreos de campo y sus actividades de laboratorio (Figura 2).

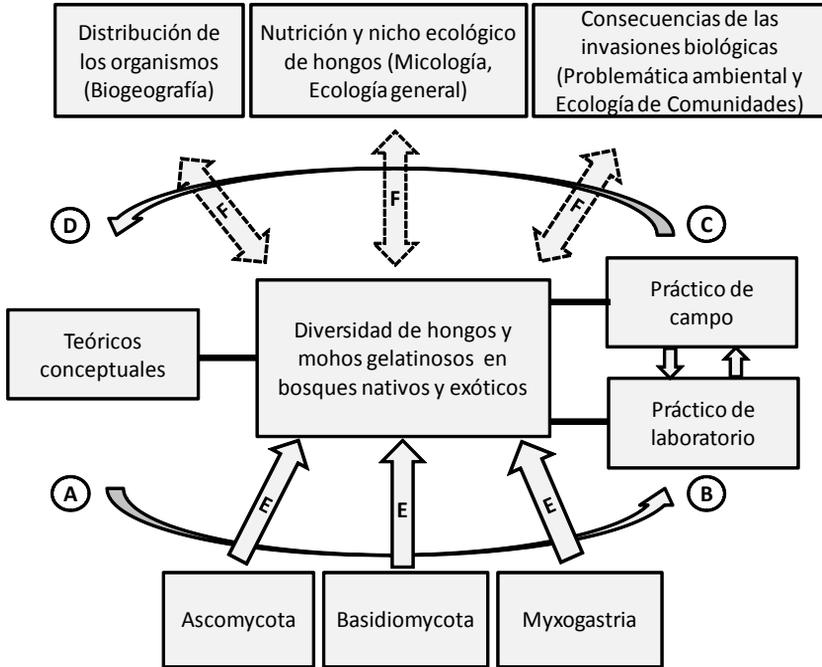


Figura 2. Esquema conceptual de los distintos aspectos que involucran la propuesta. A partir del núcleo integrador se fortalece el vínculo de los teóricos con los prácticos (A-B), los que a su vez se retroalimentan entre sí (B-C) y con los teóricos (C-D). A su vez, se integran los contenidos estudiados previamente de manera lineal (E) y, a partir de esa integración, se articulan con conceptos que serán estudiados en materias de años posteriores (F).

4. Desarrollo y seguimiento de la propuesta

En abril de 2014 se realizó un viaje de campo al establecimiento Hayke (Cuesta Blanca, provincia de Córdoba). El área se caracteriza por la presencia de bosque chaqueño serrano (Figura 3a). No obstante, existen importantes sectores donde los bosques son dominados por especies exóticas plantadas por el hombre, principalmente pino (*Pinus elliottii*) (Figura 3b).

El objetivo principal fue que los alumnos realizaran recolecciones de hongos en los distintos tipos de bosque para evaluar posibles diferencias en la composición fúngica entre ellos. La hipótesis implícita fue que la presencia de especies exóticas altera las comunidades bióticas y por lo tanto, las comunidades de hongos en bosques nativos y exóticos son diferentes.

En la salida de campo, los alumnos ($n = 80$) se dividieron en 5 grupos, cada uno acompañado por un docente de la cátedra. Cada grupo realizó muestreos en cada tipo de bosque: bosque chaqueño serrano (nativo) y bosque de pinos (exótico). Los muestreos consistieron en recorrer durante aproximadamente una hora una parcela de bosque de 1000 m² con el fin de coleccionar especímenes de hongos y mohos gelatinosos (al menos 5 colecciones por alumno). Dichas colecciones fueron preservadas adecuadamente siguiendo las instrucciones indicadas en el manual de trabajos prácticos de la materia (Domínguez et al., 2014).

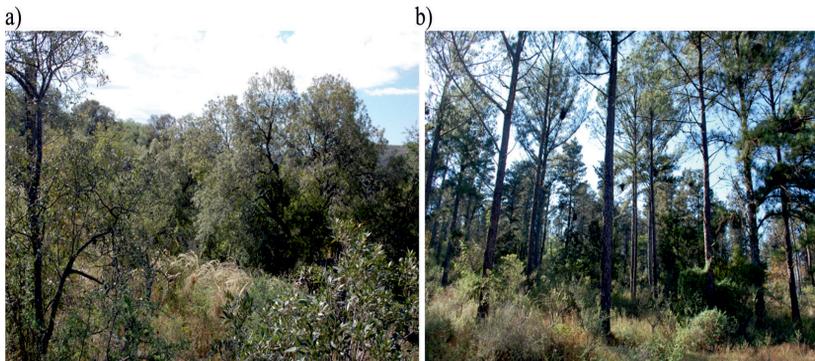


Figura 3. Fisonomía de los bosques: a) nativo con alta riqueza de leñosas; b) exótico constituido solo por pinos.

En una de las clases prácticas (5 comisiones de 16 alumnos en promedio), con posterioridad a la salida de campo, los alumnos identificaron los materiales biológicos en el laboratorio con el auxilio de binoculares estereoscópicos y microscopios ópticos. Para ello, se utilizaron las claves provistas en el manual de trabajos prácticos (Domínguez et al., 2014) y literatura especializada. En cada comisión la actividad fue supervisada por un docente de la cátedra.

Posteriormente, los docentes de trabajos prácticos realizaron en cada comisión una tabla con las especies encontradas en las parcelas de cada uno de los tipos de bosques y enviaron la información al docente encargado de las clases teóricas de la materia. Con estos datos se realizaron gráficos comparativos para poner en evidencia las posibles diferencias entre las comunidades fúngicas de los bosques en términos de presencia/ausencia de especies (Figura 4).

En la clase teórica que abordó el núcleo temático “Relación entre los organismos estudiados y las problemáticas ambientales globales” se generaron situaciones de problematización del conocimiento (Galetto, Torres, Urcelay & De Longhi, 2013). Para ello, se indagó sobre los cambios globales que principalmente afectan a nuestra región. La *invasión de organismos biológicos* es uno de ellos (Sala et al., 2000) y fue en ese marco que se integró la información generada por los alumnos en las actividades prácticas de campo y laboratorio.

La clase propuso inicialmente una pregunta disparadora: ¿Cuáles son los cambios ambientales que principalmente afectan a los ecosistemas de Sudamérica y particularmente del centro de Argentina? Luego de interacciones dialógicas entre docente y alumnos en torno de esa pregunta, y del análisis de los principales resultados de Sala et al. (2000) sobre los distintos escenarios de conservación de la biodiversidad, consensuamos que los cambios en el *uso de la tierra* y las *invasiones biológicas* son los principales cambios ambientales que afectan a nuestra región. A partir de allí, nos centramos en una actividad de *indagación dialógica problematizadora* generada a partir de las preguntas: ¿Cuáles son las principales plantas invasoras que afectan la diversidad de hongos en el centro de Argentina? ¿Cómo pueden afectar la diversidad de hongos?

Mediante esta actividad de reflexión y discusión surgió que, de las principales especies exóticas que habitan en nuestra provincia, los pinos presentan uno de los potenciales invasores más altos. Entonces aquí se planteó la pregunta que guió el análisis de resultados de la clase: ¿varía la riqueza y composición de hongos y mohos gelatinosos al comparar bosques nativos con bosques exóticos de pinos? Para responder a ella se presentaron gráficamente los resultados obtenidos por los mismos alumnos a partir de los trabajos de campo y de laboratorio. Allí se observó que la riqueza de los organismos estudiados fue algo menor en los bosques de pinos (Figura 4a).

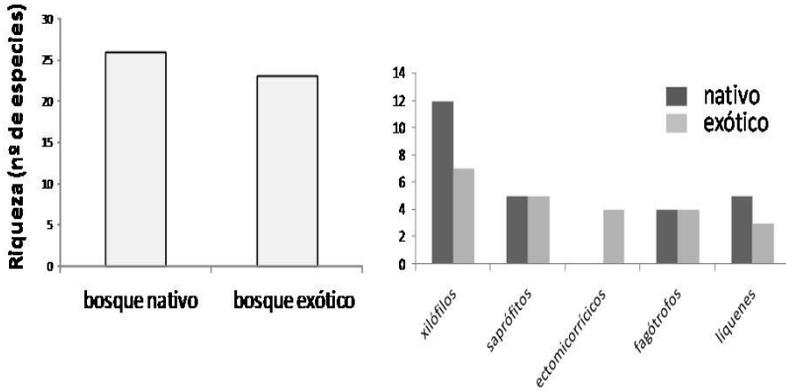


Figura 4. Especies de hongos y mohos en los tipos de bosque. a) Riqueza total; b) riqueza de acuerdo a los hábitos nutricionales.

Luego, a fin de analizar en detalle dichos resultados, se procedió a realizar comparaciones de acuerdo a la filiación filogenética y a los hábitos nutricionales de los organismos (Figura 4b). Luego se discutieron los resultados en función de los hábitos nutricionales de los organismos estudiados (Cuadro 1). Por ejemplo, en el caso de los *xilófilos*, el hecho de que el bosque nativo presente una mayor diversidad de leñosas posiblemente explique la mayor riqueza de este grupo de hongos. En relación a los micorrízicos, los bosques de pinos forman una simbiosis particular con un grupo de hongos conocida como *ectomicorriza*. La gran mayoría de las especies de árboles nativos no forman ectomicorrizas (forman asociaciones similares pero con un grupo de hongos microscópicos no abordados aquí), por lo tanto no sorprende que a dicho grupo de hongos se los encuentre sólo en bosques de pinos. Vale destacar que los hongos ectomicorrízicos también serían exóticos. En el caso de los líquenes, que en su mayoría son epífitos (se desarrollan sobre la corteza de leñosas), es plausible inferir que en aquellos bosques que presentan una mayor variedad de cortezas encontraremos una mayor riqueza de especies líquénicas. En cambio, aquellos organismos que presentan hábitos nutricionales que dependen de la materia orgánica (saprófitos) o de detritos orgánicos y microorganismos (fagótrofos), es decir, porque son menos específicos de la identidad de las leñosas, no muestran diferencias entre bosque nativos y exóticos.

xilófilos: grupo integrado por aquellos hongos que viven preferentemente sobre madera y se alimentan de ella. Son conocidos como “hongos de la madera”.

saprófitos: aquellos hongos que se nutren a expensas de materia orgánica muerta, independientemente de cuál sea su origen, ya que son capaces de colonizar cualquier tipo de sustrato orgánico muerto o en descomposición.

patógenos: aquellos hongos que se alimentan a expensas de otros seres vivos causando algún tipo de daño o enfermedad a su hospedante.

micorrízicos: grupo integrado por aquellos hongos que forman asociaciones simbióticas con las raíces de las plantas terrestres.

liquenizantes: comprende al conjunto de hongos (micobiontes) que forman una asociación estable con un simbionte fotosintético (algas o ficobiontes).

fagótrofos: aquellos organismos que se alimentan de detritos orgánicos o principalmente de microorganismos como bacterias.

Cuadro 1. Hábitos nutricionales de los hongos y mohos gelatinosos.

Con dichos resultados en mano, se discutieron los efectos que pueden tener las invasiones por plantas exóticas invasoras sobre la diversidad de hongos. A su vez, se abordaron otros tipos de consecuencias que tienen estas invasiones sobre el hombre, como por ejemplo, la introducción de especies fúngicas tóxicas (incluyendo una mortal) y comestibles asociadas sólo a bosques de especies exóticas.

A partir del conjunto de aspectos que involucró la propuesta, se logró vincular y articular más estrechamente contenidos de teóricos y prácticos (Figura 2, A-B, B-C y C-D). Si bien tradicionalmente los distintos grupos taxonómicos se estudian en clases prácticas luego de haber sido introducidos en las teóricas (Figura 2, A-B), en el caso de esta propuesta, dicho vínculo se fortalece porque al estudiar los materiales de campo colectados por los alumnos se recuperan dichos contenidos (Figura 2, B-C). Además, aquí se retroalimentan los contenidos teóricos

con aquellos generados a partir de las clases prácticas, tanto *de campo* como de *laboratorio* (Figura 2, C-D). A su vez, la implementación del núcleo temático permitió recuperar diversos contenidos relacionados con los grupos taxonómicos, estudiados de manera lineal en la primera etapa de la materia e integrarlos a partir de una perspectiva ecológica funcional (Figura 2, E). Así se lograron integrar los aspectos sistemáticos y taxonómicos con los ecológicos. Esto se logró a partir de discutir aspectos relacionados con la biología y distribución de los mismos en el marco de una problemática ambiental importante en nuestra región. Estos conceptos articulan la materia Diversidad Vegetal I con aquellas que cursarán en años subsiguientes, tanto obligatorias (Biogeografía, Ecología General y Problemática Ambiental) como optativas (Mico-logía y Ecología de Comunidades y Ecosistemas) (Figura 2, F).

En una primera etapa, la evaluación de la propuesta se realizó a partir de la observación cualitativa del desempeño, compromiso y entusiasmo de los alumnos en las clases. En este sentido, a través de la participación oral se pudieron apreciar estas cualidades, así como también el ejercicio de recuperación e integración de contenidos abordados previamente en la materia, que fueron utilizados para interpretar los resultados obtenidos. Más aun, las interacciones dialógicas promovieron la recapitulación y puesta en juego de las observaciones de campo que fueron directamente incorporadas a los contenidos de la clase teórica.

Referencias bibliográficas

- Adl, S., Simpson, A., Lane, C., Lukes, J., Bass, D., Bowser S. S., ... & Spiegel, F. W. (2012). The revised classification of eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 59(5), 429-514.
- Coll, C. (2003). El currículo universitario en el siglo XXI. En C. M. Monereo & J. I. Pozo (Eds.), *La universidad ante la nueva cultura educativa* (pp. 271-283). Madrid: Síntesis.
- Comisión de Planes de Estudio (2008). Informe. Escuela de Biología, F.C.E.F.N. UNC. Córdoba: Autor.
- Domínguez, L., Urcelay, C., Becerra, A., Daga, C., Daniele, G. M., Longo, S. & Nouhra, E. (2014). Manual de trabajos prácticos de Diversidad Vegetal I. Extraído el 27 de octubre, 2014, de <http://www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/divveg1/diversidad%20vegetal%20i/manual%202014>.
- Galetto, L., Torres, C., Urcelay, C. & De Longhi, A. (2013). Enseñanza de la Diversidad Vegetal en la Universidad: evaluación de los alumnos a una nueva propuesta didáctica basada en la problematización del conocimiento. *Revista de Educación en Biología*, 16(2), 89-99.
- Lucarelli, E. (2004). *Las innovaciones en la enseñanza, ¿camino posibles hacia la transformación de la enseñanza en la universidad?* Terceras Jornadas de Innovación Pedagógica en el Aula Universitaria-Universidad Nacional del Sur. Extraído el 27 de octubre, 2014, de <http://www.unrc.edu.ar/unrc/academica/pdf/bibliografia-lucarelli1.pdf>
- Karpicke, J. D. (2012). Retrieval-based learning: Active retrieval promotes meaningful learning. *Current Directions in Psychological Science*, 21(3), 157-163.
- Sala, O., Chapin, F. S. III, Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., ... & Wall, D. H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287(5459), 1770-1774.

Urcelay, C. (2011). *La enseñanza de la diversidad biológica en la Universidad: epistemología y didáctica en las guías de trabajos prácticos*. Tesis de Maestría para la obtención del título de Magíster en Educación en Ciencias Experimentales y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Lecturas recomendadas

1) Robledo, G. & Urcelay, C. (2009). *Hongos de la madera en árboles nativos del centro de Argentina*. Córdoba, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de Córdoba.

Este libro constituye una guía para reconocer las principales especies de hongos de la madera de la región chaqueña. Presenta una introducción general sobre los hongos e ilustraciones.

2) Urcelay, C., Robledo, G., Heredia, F., Morera, G. & García Montaña, F. (2012). *Hongos de la madera del arbolado urbano de Córdoba*. Córdoba, Argentina: Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal.

Este libro describe las especies de hongos degradadores de la madera más importantes del arbolado urbano de la ciudad de Córdoba. Incluye introducción sobre hongos y arbolado urbano. Se ilustran fotográficamente las especies.

3) Wright, J. E. & Albertó, E. (2002). *Guía de hongos de la región pampeana. I. Hongos con laminillas*. Buenos Aires: Literature of Latin America (Lola).

Este libro es una guía de hongos con laminillas de la región pampeana Argentina. Incluye información general sobre hongos, toxinas e intoxicaciones y se ilustra fotográficamente.

4) Wright, J. E. & Albertó, E. (2006). *Guía de hongos de la región pampeana. II. Hongos sin laminillas*. Buenos Aires: Literature of Latin America (Lola).

Este libro es una guía de hongos (excluyendo aquellos con laminillas) de la región pampeana Argentina. Presenta información general sobre dichos hongos, incluyendo los mohos gelatinosos, y se ilustra fotográficamente.

Sitios web recomendados

1) Hongos de Argentina. (<http://hongosdeargentina.com.ar/>).

Es un sitio dedicado a la diversidad fúngica de Argentina. Contiene información sobre diferentes aspectos de la micología, incluyendo imágenes de hongos y noticias relacionadas con el estudio de hongos.

2) MYCO-UAL. (<http://www.ual.es/GruposInv/myco-ual/index.htm>).

Es un sitio de la Universidad de Almería, España, dedicado a la difusión de la biología y diversidad de los hongos. Incluye galería de imágenes.

3) Micomanía, el mundo de las setas. (<http://www.micomania.rizoazul.com/index.html>).

Es un sitio de Madrid, España, con amplia información sobre biología y diversidad de hongos.

Sobre los autores



Carlos Urcelay (autor principal) es Biólogo, Doctor en Ciencias Biológicas y Magíster en Educación en Ciencias Experimentales y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Actualmente reviste como Profesor Titular de la Diversidad Vegetal I en la Escuela de Biología (FCEFN – UNC) e Investigador de Conicet, desarrollando sus actividades en el Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV – CONICET, UNC). Sus trabajos de investigación se relacionan fundamentalmente con el estudio de las interacciones entre hongos y plantas en el contexto de problemáticas ambientales globales. Ha publicado artículos científicos y libros en relación a estos temas. También ha dirigido y dirige proyectos de investigación, tesis de grado y de posgrado. E-mail: curcelay@imbiv.unc.edu.ar

Este libro se terminó de imprimir
en el mes de septiembre de 2015
en el Taller General de Imprenta
UNC
Córdoba - Argentina

