Análisis de la transposición didáctica del concepto de biodiversidad. Orientaciones para su enseñanza

Gonzalo Bermúdez[1]
Ana Lía de Longhi[2]

Criterios para la selección del contenido "biodiversidad"

Dentro del marco curricular y social en que se encuentra la escuela hoy en Latinoamérica, la selección y organización de contenidos cobra fundamental importancia. Esta tarea requiere niveles de reflexión y de trabajo en equipo y el aporte desde diferentes perspectivas relacionadas, fundamentalmente, con la lógica de las disciplinas, la necesidad de una alfabetización científica y tecnológica, y la promoción de conductas y actitudes que contribuyan a una mejor calidad de vida.

Somos los profesores quienes tomamos decisiones respecto al currículo oficial, desde nuestro contexto de referencia que implica la realidad de nuestras aulas escolares. En el caso particular de los docentes de Biología, y en el marco de lo expresado anteriormente, se suma la necesidad de discutir el enfoque que guiará la selección, organización y desarrollo de las propuestas didácticas. Por ejemplo, numerosos docentes mencionan la necesidad de enseñar educación ambiental, aunque en sus clases los conceptos se trabajen solamente con un nivel declarativo o con visiones estáticas de la problemática analizada.

Para la Didáctica son tres los tipos de criterios que guían la selección y organización del contenido: los lógicos, los psicológicos y los sociales-culturales. Desde ellos se argumentan las decisiones sobre las nuevas ideas a construir y se delimita el ámbito del "conocimiento a enseñar".

Para ello, recuperar la estructura lógica de la Biología implica tener en cuenta sus aspectos semánticos (hechos, conceptos, principios, modelos, teorías) y sintácticos (procesos, técnicas, metodologías). La finalidad de esta tarea es distinguir lo fundamental de lo accesorio, los conceptos estructurantes (Gagliardi, 1986) y los niveles de complejidad de los contenidos,

1 Cátedra de Didáctica Especial. Profesorado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
2 Cátedra de Didáctica Especial. Profesorado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

dándole un alcance particular a cada nivel del sistema y a cada perfil del alumno.

En tanto la graduación con la cual desarrollar una temática está guiada, fundamentalmente, por la posibilidad del alumno de comprender y construir un aprendizaje significativo, se requiere ir trabajando los prerrequisitos semánticos o sintácticos, las representaciones sociales y el contexto mental de referencia de los alumnos desde las actividades.

Los criterios de tipo social y cultural incluyen las problemáticas de la realidad institucional y de la comunidad, que bien pueden condicionar la enseñanza y/o el aprendizaje de los contenidos, tanto de los conceptos, como de los procesos y las actitudes.

Si aplicamos estos tres criterios al tema de biodiversidad –o diversidad biológica– nos encontraremos con la necesidad de considerar explícitamente en su tratamiento académico no solo los significados asociados al término, sino también las teorías desde donde lo explicamos. De otro modo, la selección de los contenidos no estaría considerando la totalidad de abordajes para su tratamiento.

Para concretar una adecuada transposición didáctica, es oportuno revisar tanto los conocimientos generados desde la comunidad de investigadores, como aquellos construidos por cualquier persona en el ámbito cotidiano. Por ello, primero explicaremos el proceso por el que un determinado conocimiento se transforma desde que se designa como 'saber a enseñar' hasta que se convierte en 'conocimiento enseñado'. Luego analizaremos las características y contenidos del saber sabio y se propondrá su transposición, de acuerdo con los modelos representacionales de los alumnos que hemos recopilado en investigaciones y experiencias de innovaciones acerca de la temática.

La transposición didáctica

Chevallard (1991), en su libro *La transposición didáctica*, explica cómo en Didáctica el tema del conocimiento se vuelve problemático. Para el autor, el funcionamiento didáctico del conocimiento es diferente del funcionamiento erudito debido a la existencia de dos regímenes de conocimiento en interacción que no pueden ser superpuestos. En el paso de uno a otro tipo tiene lugar lo que él llama 'transposición', que también ocurre entre el conocimiento a enseñar y el enseñado (ver Figura 1).

Este último debería mostrarse conforme a lo que se determina en la comunidad docente, contemplando las diferentes significaciones de los sujetos que participan de la situación didáctica y las características del saber de origen. Por ello, el conocimiento científico actúa como vigilante epistemológico del conocimiento objeto de enseñanza. Nos preguntamos entonces ¿cómo transformar el conocimiento científico de biodiversidad para ser enseñado? Para contribuir a la respuesta daremos algunos criterios para la selección de un enfoque adecuado.

Se tiene que considerar que el dominio del discurso y de las prácticas de los investigadores –por ejemplo, de los ecólogos– se expresa con un lenguaje técnico, guiado por la lógica del descubrimiento, por conjeturas, refutaciones y con referentes compartidos que les permiten entenderse a partir de términos de un lenguaje abstracto y elaborado. Dicho discurso se hace público en revistas especializadas y en libros de texto como manuales y enciclopedias. Es especialmente en estos últimos donde la lógica se reconstruye y donde se toman decisiones provocadas por la selección, secuenciación, organización y establecimiento de relaciones con otros contenidos que lo preceden o le siguen (De Longhi, 2000).

Se observa que en el discurso de los textos, como publicaciones de libros de Biología tanto para la escuela como para la formación docente, casi nunca se explicita la dinámica o el camino de idas y vueltas que transita el investigador al trabajar (tensiones, intereses, comunicación y evaluación entre pares, proyectos previos, etc.). Todo adquiere un orden de complejidad creciente, expresando el contexto de justificación generado desde la investigación científica; es decir, hechos, conceptos y teorías sin referencia al contexto de descubrimiento que se expresa en procesos de indagación. Más aun, en las planificaciones (conocimiento a 'enseñar') y en el desarrollo de las situaciones de clase (conocimiento 'enseñado') se retoman dichos textos, y el conocimiento científico es nuevamente seleccionado, organizado y reinterpretado. El problema se hace evidente cuando detrás de estos procesos hay una concepción del conocimiento científico como algo acabado y con validez universal.

Si tomamos conciencia sobre cómo se expresa el conocimiento en el discurso de la clase, en lo que docente y alumnos hablan, en los materiales que se utilizan, y además, reconstruimos la lógica que se arma al interactuar a partir de él con nuestros alumnos, podemos encontrar que a veces no se presentan las características de la lógica del conocimiento que queremos enseñar. Es decir, el "hacer Biología" (De Longhi, 1995) en nuestro caso, y particularmente, comprender el significado biológico y social de la biodiversidad.

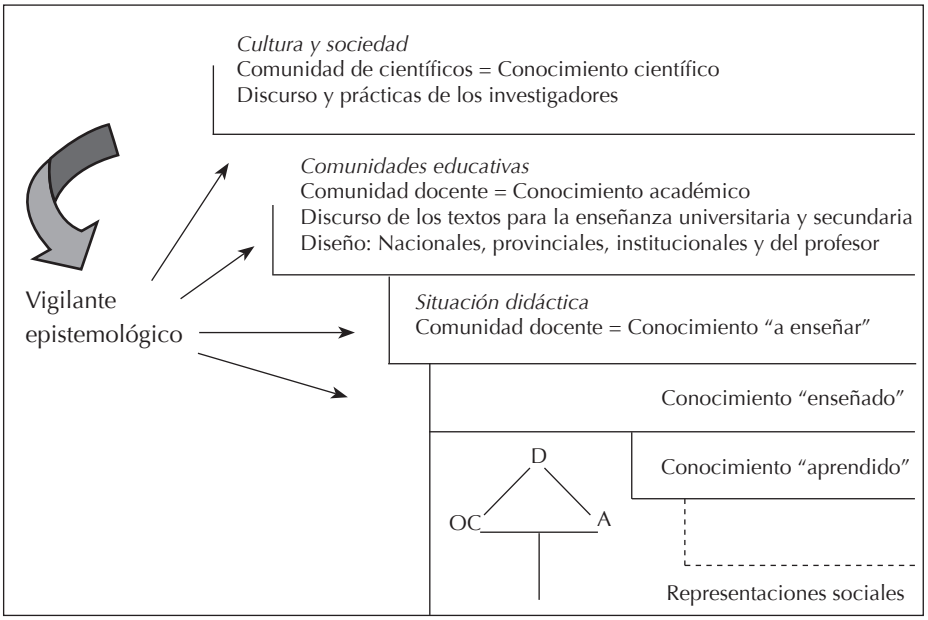

Figura 1. Transformación del conocimiento científico desde que se genera hasta el último nivel de concreción curricular (conocimiento aprendido). Modificado de De Longhi (2000)

Cuando en la clase el contenido circula, se negocia, se crean significados y el alumno hace su reconstrucción particular, la que no siempre permite recuperar el contexto de origen y sus características epistemológicas, como por ejemplo los procedimientos empleados, los hallazgos parciales, la comunicación interpersonal, las valoraciones, etc., de los investigadores. Al respecto, Duschl (1997: 28) señala que "el profesor capaz de tomar decisiones sobre el diseño curricular teniendo en cuenta los elementos del contexto de descubrimiento de la ciencia, tiene la posibilidad de proporcionar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje significativo de las ciencias".

Si buscáramos qué cuestionamientos responder desde una propuesta de enseñanza para la Biodiversidad, podríamos identificar diferentes preguntas con variados niveles de complejidad, siempre basados en la idea de un enfoque ambiental que ve a su objeto como a un sistema total que incluye tanto lo natural, como lo cultural y lo perceptivo. A pesar de reconocer la naturaleza interdisciplinaria del enfoque, trabajaremos en este capítulo, prioritariamente, los aspectos biológicos.

Un abordaje inicial en el marco de la Biología, puede consistir en identificar ¿qué hay en el medio?, ¿cuál es la biodiversidad existente? y ¿cuáles son las variedades y las semejanzas? Detrás de estas preguntas puede haber una

visión simplemente descriptiva que fomente enfoques taxonómicos e informativos de la enseñanza de la Biología o una discusión más profunda sobre la idea de los niveles de organización en los que se expresa y se sustenta la biodiversidad, y el peligro de perderla.

Un análisis curricular más avanzado que el anterior buscará dar respuesta a preguntas como ¿cuáles son los patrones estructurales, funcionales o comportamentales de la variedad?, ¿cómo ocurren las interrelaciones e interdependencias entre los elementos de una determinada biodiversidad? Encontrar los patrones puede ayudarnos a identificar cómo vemos las cosas, con qué criterios las agrupamos y cuáles son las teorías de referencia. No obstante, podría seguir siendo un enfoque estático debido a que se trabaja sobre las dinámicas en los sistemas pero no con sus cambios.

Para resolver la ausencia anterior es necesario agregar al análisis la dimensión temporal y preguntarnos, por ejemplo, ¿cómo van cambiando esas interrelaciones y biodiversidad en el tiempo? y ¿qué valor toma lo que se pierde y lo que se conserva? A su vez, podríamos ir más allá para ver el sentido de lo que sobrevivió y cuestionarnos ¿cómo evolucionó y qué se adaptó? Este análisis ecológico y ambiental es más completo y pertinente para el currículo escolar. No obstante, como decíamos anteriormente, deberíamos dar elementos desde la enseñanza de la Biología para proyectar el futuro, principalmente, desde la intervención del hombre en los sistemas. Surgen así más preguntas, como ¿hacia dónde se dirige el sistema?, ¿qué perturbaciones se pueden generar?, ¿cómo incide el hombre con su actuación?, ¿qué decisiones debemos tomar?, ¿de qué manera promueve la educación esta revisión?, etc. De este modo esta secuencia transita desde lo que el alumno conoce hasta las decisiones que debería tomar, involucrándose con el problema, sintiéndose parte del mismo.

Las decisiones didácticas referidas principalmente a la selección de contenidos, proponen una transposición particular para el conocimiento científico de biodiversidad. Ante esta situación, un docente puede actuar de dos maneras distintas, y un tanto opuestas, para transformar un determinado conocimiento científico en “conocimiento a ser enseñado”.

Según Joshua y Dupin (1993) ocurre una transposición analítica cuando el docente de-sintetiza la teoría de referencia, selecciona conceptos y experiencias, y arma un conjunto de lecciones que se presentan en un cierto orden. El alumno, por su lado, es quien debe integrarlas para comprender la teoría. Esta actividad cognitiva no necesariamente ocurre junto con el tiempo de enseñanza, debido a que, muchas veces, los alumnos no reciben ninguna guía desde la enseñanza, ni tampoco recuperan sus teorías implí-

citas. En este tipo de transposición subyace la hipótesis de que se pueden distinguir los conceptos básicos implicados en una teoría o modelo y que, una vez aprendidos por separado, el estudiante podrá construir el modelo del experto –aunque sea una visión simplificada del mismo–.

Uno de los problemas radica en que el alumno puede no contar con el modelo de referencia que tiene el docente. Como consecuencia, los significados que construye suelen ser incompletos y con un nivel de comprensión superficial. Para el caso de la enseñanza de la biodiversidad es frecuente encontrar clases donde se explica el concepto y luego se estudian los grupos taxonómicos de acuerdo con algún criterio, evaluando, por ejemplo, la expresión declarativa de conceptos y relaciones. De esta manera, las teorías implícitas de los alumnos no forman parte de la construcción didáctica del conocimiento.

En oposición a la anterior, los mismos autores denominan transposición holística a aquella donde el docente arma sus clases como un sistema de referencia (experiencias paradigmáticas, variables, conceptos, relaciones entre conceptos, etc.) que recuperan los modelos y teorías implícitas de los alumnos, formados en relación a su campo experiencial, para que luego vayan cambiando, teniendo como objetivo las teorías científicas. En este caso, el modelo de referencia es tanto el de las ciencias como el que tiene el alumno desde sus representaciones. La hipótesis que subyace considera que el conocimiento evoluciona a partir de una teoría y las experiencias que lo explican. Así, la definición del nuevo concepto no es el punto de partida sino la llegada por aproximaciones sucesivas.

De acuerdo con esta última perspectiva, vemos la necesidad de trabajar adecuadamente en la selección de contenidos y situaciones de actividad que permitan ir avanzando en los niveles de complejidad del concepto de biodiversidad, recuperando las ideas previas, concepciones y representaciones de los alumnos para, desde allí, re significar el 'saber sabio'.

¿Cuál es el saber sabio?

La diversidad biológica: origen y significados

La palabra biodiversidad fue utilizada originalmente en el debate político (Ghilarov, 1996), pero luego los científicos adoptaron rápidamente este término para encontrar tanto justificaciones dentro de sus disciplinas –como la sistemática– como para guiar fondos a éstas.

Por ejemplo, a principios de los 80, Lovejoy (1980) empleó el término diversidad para describir lo que presumiblemente era la riqueza de especies, mientras que Norse y McManus (1980) lo usaron para describir un concepto que incluía tanto la diversidad ecológica como el componente genético. Más tarde, fueron Norse y otros (1986) quienes propusieron el término de biodiversidad para referirse a tres niveles de expresión: el genético (intraespecífico), de especies (número de especies) y ecológico (de comunidades). Según lo señala Solbrig (1991), la integración de estos niveles en el concepto de biodiversidad fue rápidamente aceptada, llegando a ser conocida como la trilogía de la biodiversidad (Di Castri y Younes, 1996).

En la actualidad encontramos diversas definiciones de la diversidad biológica. Quizá la más difundida en el ámbito político y los medios de comunicación sea la expresada por la Convención sobre la Diversidad Biológica (2001), que ha servido de marco general para otros documentos relacionados con la biodiversidad, y que la define 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, así como a la diversidad de comunidades a lo largo de los paisajes.

Por otro lado, si nos remitimos a los trabajos de investigación en distintas ramas de la Ecología, encontramos un acuerdo general en el que la diversidad incluye tanto el número como la composición de genotipos, especies, tipos funcionales y unidades de paisaje dados en un sistema (Díaz y Cabido, 2001; Díaz, 2001a). Los últimos trabajos del área, por ejemplo el de Díaz y otros (2006), mantienen estas escalas de aplicación –que van desde el micro al macrocosmos– y especifican aún más los atributos de la biodiversidad, agregando al número y composición antes mencionados la abundancia, las interacciones y la distribución espacial de los genotipos, las poblaciones, etc.

A pesar de lo abarcadoras y complejas de estas definiciones, la biodiversidad es a menudo entendida solo como la riqueza de especies; es decir, solo como el número de especies presentes en un área (Hamilton, 2005; Heywood, 1998). En consecuencia, otros de sus componentes, incluso con mayor importancia, han sido desestimados. Pensemos que a menudo, cuando se habla de la pérdida de la diversidad biológica, solo se mencionan las tasas de extinción de especies (Chapin III *et al.*, 2000), sin que se haga mención siquiera a los otros componentes del concepto o a la falta de conocimiento de lo que ocurre con éstos.

En la literatura, la diversidad funcional está emergiendo como un aspecto de crucial importancia en la determinación de los procesos ecosistémicos y servicios que obtenemos de ellos (Hooper *et al.*, 2002; Petchey y Gaston, 2006; Díaz *et al.*, 2006). De hecho, hay un consenso creciente, según el cual los efectos de la biodiversidad sobre los procesos ecosistémicos deberían ser atribuidos a los caracteres funcionales –valor y rango– de las especies individuales y a sus interacciones –cómo compiten directa o indirectamente, etc.– más que el número de especies *per se* (Chapin *et al.*, 2000; Grime, 1997; Díaz, 2001a, b). Estas características de los organismos, que son relevantes por su respuesta o efectos sobre el ecosistema y su funcionamiento –como el tamaño de la semilla y el modo de dispersión, la altura y estructura del follaje, etc. (Díaz y Cabido, 1997) –, permiten agrupar a los seres vivos en clasificaciones flexibles con significado ecológico llamadas tipos funcionales (Lavorel *et al.*, 1997; Díaz *et al.*, 2002), que varían de acuerdo con la escala de análisis y los objetivos de investigación. En este contexto, la diversidad funcional (Tilman, 2001) refiere al valor (presencia y abundancia relativa de rasgos como tamaño de la hoja, contenido de nitrógeno, modo de dispersión de las semillas, etc.) y rango (diferencia entre los valores extremos) de las características funcionales de los organismos de un ecosistema (Díaz y Cabido, 2001).

Dos conceptos derivados resultan de interés a los fines de la conservación. Por un lado, cuando hay más de una especie realizando el mismo trabajo –que pertenecen al mismo tipo funcional– se dice que existe redundancia funcional (Walker *et al.*, 1999) debido a que el proceso ecosistémico involucrado no se ve afectado de una forma significativa al ser desempeñado por las especies que aún están presentes. En este sentido, la redundancia no tendría una connotación negativa relacionada con la superfluidad o repetitividad (Gitay *et al.*, 1996), sino como una póliza de seguros contra la pérdida de funciones ecosistémicas tras algún evento que pueda provocar la desaparición de las especies (Díaz y Cabido, 2001; Díaz, 2001b).

Por otro lado, y fuertemente relacionado con el concepto anterior, la hipótesis de seguros remarca el hecho de que cuanto mayor sea la variación en las respuestas entre las especies de una comunidad, menor resulta la riqueza requerida para amortiguar un ecosistema. De este modo, cuando aumenta la riqueza funcional se incrementan las probabilidades de que al menos alguna especie responda de manera diferencial a las condiciones variables y a las perturbaciones (Díaz y Cabido, 2001).

Al respecto, Ernst *et al.* (2006) han demostrado recientemente que, para comunidades de anfibios tropicales, el impacto de los disturbios ambientales no se ve reflejado en la riqueza de especies ni en los índices de diver-

sidad de especies –medidas generalmente usadas en estudios ecológicos para representar la biodiversidad–. Sin embargo, la diversidad funcional era significativamente más alta en un área prístina que en una perturbada. En este sentido, los autores concluyen que las medidas de la biodiversidad usadas comúnmente por los ecólogos no necesariamente reflejan de manera adecuada la pérdida real de la diversidad provocada por los disturbios antrópicos.

La importancia de la conservación de la biodiversidad

La biodiversidad y sus relaciones con las propiedades ecosistémicas tienen valores culturales, intelectuales, estéticos y espirituales que son importantes para la sociedad. Actualmente, el significado y relevancia de la biodiversidad no están en duda. Se han desarrollado una gran cantidad de parámetros para medirla como un indicador del estado de los sistemas ecológicos, con aplicabilidad práctica para fines de conservación, manejo y monitoreo ambiental (Spellerberg, 1991).

Este renovado interés procede, indudablemente, de la promoción del término en el contexto de los problemas de conservación (Hamilton, 2005). La diversidad jugaría en la Ecología un papel parecido al de la 'entropía negativa' en termodinámica o al de la 'información' en la teoría de la información y la comunicación, es decir, el de un parámetro indicador del grado de complejidad u organización de un sistema (Terradas, 2001). Su relevancia radica en que las condiciones, procesos y funciones que caracterizan a los ecosistemas naturales, en los cuales la biodiversidad es fundamental, son esenciales para el ser humano ya que proporcionan una serie de servicios ambientales de los que depende la sociedad (Constaza *et al.*, 1997; Pimentel *et al.*, 1997; Chapin III *et al.*, 2000; Díaz *et al.*, 2006). Al respecto, Díaz (2001a) afirma que hasta la primera parte de la década de los 80, los estudios de la relación entre la diversidad y el funcionamiento ecosistémico hicieron hincapié en el impacto de los procesos sobre la misma; pero que, más recientemente, la cuestión ha sido revertida, atentos a una nueva concepción de la biodiversidad, poniendo énfasis sobre todo en cómo la diversidad influye en el funcionamiento del ecosistema. En este sentido, se comprende que todos los componentes de la biodiversidad, desde la diversidad genética a la distribución espacial de las unidades de paisaje, puedan jugar un rol importante en la provisión a largo plazo de al menos algunos servicios ecosistémicos.

A modo de ejemplo, los servicios más relevantes provistos por la biodiversidad son: (a) servicios de soporte –aquellos que mantienen las condiciones

de habitabilidad de la superficie terrestre como la formación y retención del suelo, el ciclo de nutrientes, la polinización y la dispersión de semillas, la producción de biomasa vegetal, etc.–; (b) servicios de regulación –regulación de procesos ecosistémicos como el clima a través del secuestro de carbono, de los ciclos biogeoquímicos, de erosión, detoxificación, protección contra amenazas naturales como las inundaciones, los incendios, las enfermedades (control biológico), etc.–; (c) servicios de aprovisionamiento –productos obtenidos de los ecosistemas como la comida, maderas, fibras, medicinas, recursos genéticos, minerales y agua potable–; y (d) servicios culturales –valores espirituales y religiosos, educativos, estéticos, recreativos, simbólicos, cognitivos, etc.– (Díaz *et al.*, 2006; Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2003).

Una de las consecuencias más serias de la pérdida de la biodiversidad resulta evidente cuando pensamos en la forma en que las distintas sociedades y grupos acceden a estos servicios ecosistémicos. Las personas que dependen más directamente en ellos, como los agricultores de subsistencia y los productores rurales tradicionales, se enfrentan a las más importantes e inmediatas consecuencias de la pérdida de la biodiversidad. En definitiva, la desaparición de los servicios ecosistémicos dependientes de la biodiversidad acentuará probablemente la inequidad y la marginación de los sectores más vulnerables de la sociedad debido a un menor acceso a los materiales básicos para una vida saludable, la libertad de decisión y de acción (Díaz *et al.*, 2006).

Como acción global de las naciones contra la pérdida de la biodiversidad, la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) firmada en la Cumbre de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro en 1992, conocida como "Cumbre de la Tierra", dedicada a la promoción del desarrollo sustentable, establece tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, el uso sustentable de sus componentes, y la distribución justa y equitativa de los beneficios del uso de los recursos genéticos (CBD, 2001-2005). El Convenio contiene metas de gran alcance y aborda la cuestión fundamental del futuro de la humanidad, por lo que constituye un hito en el derecho internacional. Reconoce, por primera vez, que la conservación de la diversidad biológica es una preocupación común para la humanidad y forma parte del proceso de desarrollo. En este contexto, el artículo 13 hace referencia a la necesidad de incrementar el conocimiento general del significado de la biodiversidad a través de la educación formal e informal. Sin embargo, somos conscientes de que esta no resulta una tarea sencilla.

¿Qué dicen los textos acerca de la biodiversidad?

En primer lugar, analizaremos expresiones sobre diversidad y biodiversidad que manifiestan los científicos de distintas partes del mundo y en diferentes textos (artículos, ensayos y enciclopedias) destinadas a integrantes de la misma comunidad. En el Cuadro 1 se destacan las expresiones más importantes de acuerdo con la fuente de la que fueron extraídas. En el mismo podemos ver cómo se utiliza un lenguaje preciso y riguroso para referirse a la diversidad biológica o biodiversidad, definiéndola de manera acabada en casi todos sus componentes jerárquicos. Es decir, siempre está presente la trilogía de la diversidad, manifiesta en las escalas genética y poblacional, la específica y la comunitaria-ecosistémica. Sin embargo, hemos encontrado algunos ejemplos en los que no se explicitan las unidades de paisaje o los grupos funcionales. Al respecto, Petchey y Gaston (2006) señalan que, en 2005, más del 50% de los artículos que mencionaron la diversidad funcional en el título, resumen o palabras clave, fallaron en definirla o en citar un trabajo que lo haga, dejando un espacio libre a una interpretación intuitiva de su significado.

Por otro lado, no han aparecido términos ambiguos que puedan dar a entender una sinonimia entre la diversidad de especies –como la diversidad expresada en ese nivel– o la riqueza y la diversidad biológica en sentido amplio.

Artículos, ensayos y enciclopedias, etc.	***Conceptos expresados***
Artículo científico de revisión ("review", del vocablo inglés)	La **diversidad** en todos los niveles de organización, desde la diversidad genética dentro de las poblaciones a la diversidad de ecosistemas en los paisajes, contribuye a la biodiversidad global. Aquí nos enfocamos en la **diversidad de especies**, porque las causas, patrones y consecuencias de los cambios en la diversidad a este nivel están relativamente bien documentados. La diversidad de especies tiene consecuencias funcionales por el número y tipos de especies presentes determinan las características de los organismos que influyen en los procesos ecosistémicos[1].
	Existe actualmente un consenso general en el que la **diversidad** (un sinónimo de la biodiversidad y diversidad biológica) incluye tanto el número como la composición de genotipos, especies, tipos funcionales y unidades de paisaje en un sistema dado. Sin embargo, la diversidad es igualada a la riqueza de especies, por lo que otros componentes de la diversidad han sido frecuentemente subestimados. **Riqueza de especies**: es el número de especies diferentes en un sistema dado[2].

Artículos, ensayos y enciclopedias, etc.	*Conceptos expresados*
Artículo científico de investigación	La **riqueza de especies** ha sido la medida más frecuente de diversidad en experimentos de funcionamiento ecosistémico-biodiversidad. (…) Nuestros resultados ilustran que las medidas simples de la **diversidad**, tales como la riqueza de especies o la diversidad de especies pueden no reflejar adecuadamente la dimensión real de la pérdida de la biodiversidad luego de un disturbio antrópico. En el caso de las comunidades de anuros del oeste, la riqueza de especies fue idéntica tanto en una comunidad selvática primaria como en una explotada. Sin embargo, la **diversidad funcional** difirió significativamente[3].
Ensayo, perspectivas	La **biodiversidad** en el sentido amplio consiste en el número, abundancia, composición, distribución espacial e interacciones de genotipos, poblaciones, especies, tipos y caracteres funcionales, y unidades de paisajes dadas en un sistema dado[4].
	Vale la pena notar que desde el mismo comienzo, el uso de '**biodiversidad**' estuvo relacionado con la política y tecnología ambiental más que con la ciencia misma. (…) Ciertamente, debemos hacer lo mejor que podamos para defender todas las formas de vida, incluyendo la diversidad genética de las poblaciones, la diversidad de poblaciones y especies, además de la diversidad de comunidades y paisajes[5].
Reporte Técnico	La **diversidad biológica** incluye todas las plantas, animales, microorganismos, los ecosistemas de los cuales forman parte, y la diversidad dentro de las especies, entre las especies, y de ecosistemas[6, 7]. La **diversidad funcional** describe la variedad de funciones ecológicas de las especies o grupos de especies en un ecosistema. Es un descriptor de la biodiversidad que provee una vía alternativa de entendimiento de la diversidad biológica, y los efectos de los disturbios causados por las actividades antrópicas, incluyendo el cambio climático[6] (p. 1).
	Como señala la revisión bibliográfica, han aparecido numerosas definiciones [de la **biodiversidad**] en las últimas tres décadas. En general, sin embargo, las definiciones técnicas/científicas varían y, como resultado, pueden causar confusión entre la comunidad de científicos, los administradores y el público. Esta falta de consistencia interna sobre los significados de la biodiversidad puede resultar en un énfasis exacerbado en las especies animales y vegetales con valores y deseos de preservación por parte de la sociedad, por razones subjetivas que se anteponen al rol que estas especies pueden jugar en un sistema ecológico[8] (p.41-42).
	[La **biodiversidad** es] La variedad y abundancia de todas las formas de vida de un lugar –plantas, animales y otros organismos vivos– y los procesos, funciones, y estructuras que sostienen la variedad y permiten que se adapte a las circunstancias cambiantes[9].

Artículos, ensayos y enciclopedias, etc.	*Conceptos expresados*
Enciclopedia	La **biodiversidad** refiere al número y abundancia relativa de especies, y también al rango de caracteres presentes en un sistema dado[10].
	Biodiversidad: número y composición de especies, tipos funcionales, y/o unidades de paisaje presentes en un sistema dado[11].

Referencias

1. Chapin, F. S. III; Zavaleta, E. S.; Eviner, V. T.; Taylor, R. L.; Vitousek, P. M.; Reynolds, H. L.; Hooper, D. U.; Lavorel, S.; Sala, O. E.; Hobbie, S. E.; Mack, M. C. y Díaz, S. (2000). Consequences of changing biodiversity. En: *Nature* (405), 234-242.

2. Díaz, S. y Cabido, M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. En: *Trends in Ecology & Evolution*, 16(11), 646-655.

3. Ernst, R.; Linsenmair, E. y Rödel, M. O. (2006). Diversity erosion beyond the species level: dramatic loss of functional diversity after selective logging in two tropical amphibian communities. En: *Biological Conservation* (133), 143-155.

4. Díaz, S; Fargione, J.; Chapin III, F. S. y Tilman, D. (2007). Biodiversity loss threatens human weel-being. En: *PLOS Biology* 4 (8), 277. DOI: 10.1371/journal.pbio.0040277

5. Ghilarov, A. (1996). What does 'biodiversity' mean: scientific problem or convenient myth? En: *Trends in Ecology & Evolution*, 11 (7), 304-306.

6. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2003). *Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol*. Montreal: SCBD (CBD Technical Series no. 10).

7. The International Convention on Biological Diversity (2003). *Convention on Biological Diversity*. Article 2: Use of Terms. Disponible en: http://www.biodiv.org/convention/

8. National Commission on Science and Sustainable Forestry (2005). *An assessment of public knowledge, values and attitudes toward biodiversity and sustainable forestry*. Washington D.C.

9. National Commission on Science for Sustainable Forestry (2005). *Science, Biodiversity and Sustainable Forestry: A Findings Report of the National Commission on Science for Sustainable Forestry (NCSSF)*. Washington, D.C.

10. Díaz, S. (2001). Does biodiversity matter to terrestrial ecosystem processes and services? En: Steffen, W., Jäger, J., Cason, D. y Bradshaw, C. (Eds.). *Challenges of a changing Earth: Proceedings of the Global Change Open Science Conference* (pp. 165-167). Amsterdam: Springer.

11.| Díaz, S. (2001). Ecosystem function, measurement, terrestrial communities. En: S. Levin (Ed.). *Encyclopedia of Biodiversity* (v. 2), 321-344. San Diego: Academic Press.

Cuadro 1. Expresiones textuales referidas a la diversidad biológica presentes en diferentes textos producidos por la comunidad de científicos.

Cuando analizamos los libros de nivel universitario hallamos una gran variedad de expresiones, la mayoría incompletas, que no guardan relación aparente entre la pertenencia del texto con las ciencias biológicas o con una de sus disciplinas (Cuadro 2). Es decir, a pesar de que pensamos que en el material específico de Ecología encontraríamos definiciones y relaciones conceptuales más ricas y acabadas que en los libros de Biología general o de ciencias ambientales; esto no resultó así.

En un primer nivel de complejidad conceptual podemos identificar una sinonimia entre la riqueza de especies y la biodiversidad, presente en las referencias 5 y 6. En un segundo nivel, encontramos dos libros de Ecología y dos de Biología –referencias 2, 4, 8 y 9, respectivamente– que hacen referencia a la riqueza de especies y a la diversidad de especies como a la ponderación de la primera por el tamaño o abundancia. Si bien esta aclaración es válida y necesaria, generalmente no se mencionan otros componentes de la diversidad biológica, con el consecuente peligro de asumir que ésta no es más que la diversidad de especies. Solo en la referencia 2 se señala el nivel genético, aunque estrechamente ligado a la variedad de taxones (especies).

En un tercer nivel podemos ubicar aquellas expresiones de la biodiversidad que contemplan tres componentes jerárquicos diferentes: el genético, el de la especie y el de la comunidad-ecosistema. Aquí nos encontramos con un libro de Biología (referencia 7) y uno de Ecología (referencia 1). La referencia 7 es el único libro de su tipo, aunque también de edición más reciente, en el que aparece la trilogía de la diversidad. Sin embargo, escapan a la definición de la biodiversidad de este nivel las unidades de paisaje y los grupos funcionales. Éstas caracterizan el cuarto nivel y están presentes solamente en uno de los textos (referencia 3). En este caso, podemos ver con claridad que un mismo libro –analizando las ediciones de 1988 y 1999– se ha referido a la biodiversidad de una manera más coherente con el avance de los conocimientos en la disciplina. Por lo tanto, la edición de Begon *et al.* de 1999 es la que presenta el nivel de complejidad más elevado, igualando a las expresiones del Cuadro 1.

Textos para la educación universitaria	*Conceptos expresados*
Ecología	El término "**biodiversidad**" fue acuñado por Wilson (1988), es un anglicismo que representa la contracción del término "biological diversity" o diversidad de la vida. El concepto, ya clásico en cualquier libro de biología o ecología, implica la diversidad a todos los niveles, desde los millones de genes que se encuentran dentro de cada ser vivo, las millones de especies presentes en la naturaleza, hasta la inmensa diversidad de ecosistemas presentes en nuestro mundo (Stork, 1993)[1] (p. 4).
	Los ecólogos también han observado que en las comunidades se ven patrones que parecen ser indiferentes a las limitaciones energéticas. El más importante de ellos incluye ciertas regularidades en el número de especies dentro de las comunidades, lo que habitualmente se denomina **diversidad de especies** (p. 564). ***Glosario*** **Biodiversidad**. Medida de la variedad de los organismos dentro de un área local o una región que a menudo incluye variación genética, singularidad taxonómica y endemismo. Véase Diversidad. (p. 662) **Diversidad**. Número de taxones en un área local (diversidad alfa) o en una región (diversidad gamma). También, una medida de la variedad de taxones en una comunidad que tiene en cuenta la abundancia relativa de cada uno de ellos[2] (p. 668).
	Cuando la composición de la comunidad se describe simplemente en términos de especies, se ignora completamente un aspecto importante de la estructura numérica de las comunidades. Se pasa por alto la información de que algunas especies son raras y otras comunes. De modo intuitivo, una comunidad con siete especies representadas todas ellas por el mismo número de individuos parece más diversa que otra comunidad, formada también por las mismas especies, pero en la que un 40% de los individuos pertenecen a la especie más común y solo 5% a las tres especies más raras. Y, sin embargo, ambas comunidades tienen la misma **riqueza de especies**. La medida más simple del carácter de una comunidad que toma en consideración tanto los esquemas de abundancia como la riqueza de especies, es el índice de **diversidad** de Simpson[3, 4] (p. 730) (pp. 604-605). El término **biodiversidad** fue acuñado con la intención de englobar toda la diversidad que existe en la naturaleza. Su componente más básico es el número de especies presentes en un área, es decir, la riqueza de especies. Sin embargo, (…) las estrategias de conservación a menudo requieren medidas más sofisticadas que tengan en cuenta la diversidad de roles funcionales representados por las especies en una comunidad (…). Además, se encuentran elementos de biodiversidad en otros niveles ecológicos incluyendo, en un extremo de la escala, la variación genética dentro de las especies, y en otro, la variación en los tipos de comunidad dentro de una región[3] (pp. 947 y 978).

Textos para la educación universitaria	*Conceptos expresados*
Ecología	Las diferencias en la **riqueza en especies** de las distintas comunidades o territorios han atraído siempre el interés de los naturalistas. El descubrimiento de la prodigiosa variedad de los ecosistemas tropicales debió ayudar a la percepción de la existencia de gradientes latitudinales en la **diversidad**, y a especulaciones sobre sus posibles causas (…). Los ecólogos han dedicado mucho esfuerzo al análisis de la diversidad en el ecosistema. La mayor parte de este esfuerzo se ha concretado en el desarrollo de índices de diversidad y en relacionar la evolución de dichos índices con las otras características como estabilidad o producción. (…) Este renovado interés actual por la diversidad procede indudablemente, de la promoción del término biodiversidad en el contexto de los problemas de conservación, ideado por Wilson, aunque se trate de un concepto algo diferente, asimilable a **la riqueza global de especies** (Margalef, 1997, p.351)[5].
Ciencias Ambientales	Estas especies naturales, llamadas en conjunto biota, son responsables de la estructura y el mantenimiento de los ecosistemas. La biota y los ecosistemas representan una forma de riqueza –la riqueza biológica– que sostiene la vida humana y las actividades económicas. Es como si el mundo natural fuera una enorme cuenta bancaria cuya riqueza biológica pagara dividendos todo el tiempo, siempre que se mantuviera el capital (mediante relaciones sostenibles). Esta abundancia de especies es la **biodiversidad** de la Tierra[6] (p. 463).
Biología	La **diversidad de especies** de una comunidad –la variedad de los distintos tipos de organismos que forman la comunidad– tiene dos componentes. Uno es la **riqueza de especies**, el número total de especies diferentes en la comunidad. El otro es la abundancia relativa de las distintas especies, la proporción de cada especie en el número total de individuos de la comunidad (p. 1165). La **biodiversidad** –síntesis de diversidad biológica– tiene tres componentes o niveles principales: diversidad genética, diversidad de especies y diversidad del ecosistema. La diversidad genética comprende no solo la variación genética individual en una población, sino también la variación genética entre poblaciones (…). Gran parte del debate público sobre la crisis de la biodiversidad está centrado en la diversidad de especies: la variedad de especies en un ecosistema o en toda la biosfera, o lo que denominamos riqueza de especies (…)[7] (p. 1210).
	Los organismos influyen en las comunidades en las que viven, a través de todos los tipos de interacciones que hemos descrito. Mediante estas interacciones, pueden influir en la **riqueza de especies** de sus comunidades –es decir, el número de especies que viven ahí (p. 984).

Glosario:

Diversidad de especies. Representación ponderada de las especies de los organismos que viven en una región; las especies grandes y comunes reciben mayor peso que las especies pequeñas y raras[8] (p. 1055).

Ecológicamente hablando, una comunidad comprende a todas las poblaciones de organismos que habitan un ambiente común y se encuentran en interacción recíproca. Estas interacciones son naturalmente las fuerzas principales de selección natural. Ellas ejercen influencias, asimismo, sobre el número de individuos de cada población y sobre el **número y tipos de especies** existentes en la comunidad (p. 1114).

El número y tipos de especies en una comunidad pueden verse influido, en gran medida, por la depredación. Aunque la depredación ocasionalmente puede eliminar especies presa, muchos estudios experimentales han demostrado que suele ser un factor importante en el mantenimiento de la **diversidad de especies** en una comunidad[9] (p. 1126).

Referencias

1. Martino, A. L.; Di Tada, I. E. y Bucher, E. H. (1996). Biodiversidad: maravilla y desafío. En: I. E. di Tada y E. H. Bucher (Eds.*). Biodiversidad de la Provincia de Córdoba. Fauna* (v. 1). Río Cuarto: Departamento de Imprenta y Publicaciones de la UNRC.

2. Ricklefs, R. E. (2001). *Invitación a la Ecología. La economía de la naturaleza. Libro de texto sobre ecología básica* (4°. Ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana.

3. Begon, M; Harper, J. L. y Townsend, C. R. (1999). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades* (3°. Ed.). Barcelona: Ediciones Omega.

4. _____ (1988). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades.* Barcelona: Ediciones Omega.

5. Terradas, J. (2001). *Ecología de la vegetación. De la fisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes*. Barcelona: Ediciones Omega.

6. Nebel, B. J. (1999). *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible* (6°. Ed.). México: Préntice-Hall.

7. Campbell, N. A. y Reece, J. B. (2007). *Biología* (7°. Ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana.

8. Purves, W. K.; Sadova, D.; Orians, G. H.; Heller, H. C. (2003). *Vida. La ciencia de la Biología* (6°. Ed.). México: Editorial Médica Panamericana.

9. Curtis, H. y Barnes, N. S. (1993). *Biología* (5°. Ed.). Cali: Editorial Médica Panamericana.

Cuadro 2. Expresiones textuales referidas a la diversidad biológica presentes en textos de diferentes disciplinas científicas destinados a la educación universitaria.

Si analizamos ahora los textos para la educación formal secundaria o informal de Argentina (Cuadro 3), vemos que se avanza aun más en la adecuación del conocimiento científico que en los textos de nivel universitario.

En un primer nivel de profundidad en el tratamiento del tema ubicamos las referencias 1, 3 y 7, donde no aparecen las palabras biodiversidad ni diversidad sino que solo se hace referencia al número de especies, riqueza o, incluso, a la cantidad de las mismas. En un segundo nivel encontramos aquellas referencias de la biodiversidad como sinónimo de la riqueza taxonómica; es decir, a la cantidad de especies o de organismos vivos en un sistema (4, 6, 8, 9 y 10). Esta característica, recordemos, era propiedad del nivel de complejidad más bajo de los libros de texto universitarios. En algunos de los casos aparecen definiciones explícitas, como en las referencias 4 y 10; mientras que en otros, la relación se interpreta de acuerdo con el contexto de explicación o con los elementos contenidos en un título (referencias 6, 8 y 9).

En un tercer nivel hallamos la referencia 5, donde se menciona que evitando la extinción de las especies se preserva la diversidad genética. Por más de que sea una formulación superior con respecto al nivel anterior, resulta incompleta debido a que puede entenderse que la diversidad está representada solamente por genes que se preservan cuidando a los organismos que los portan. Por último, encontramos que la definición más abarcadora de la diversidad biológica, que se corresponde con un cuarto nivel de profundidad, es la referencia 2. La misma, no solo incluye la variedad de seres vivos y los ecosistemas (primera vez que aparece este nivel jerárquico en libros de secundaria) sino que, a su vez, hace un análisis crítico breve de las ventajas y desventajas de estudiar la biodiversidad solo por medio de la diversidad de especies.

Por todo esto, al menos al nivel de expresión y de definiciones que hemos tomado como unidad de análisis en los cuadros anteriores, resulta evidente que el proceso de transposición lleva a la pérdida de actualidad, rigurosidad, historia y contexto del conocimiento desde que se produce en la comunidad de científicos hasta que llega a las aulas universitarias y secundarias.

Ahora veremos qué características tiene este proceso en el establecimiento de los diseños curriculares.

Textos para la educación formal o informal	*Conceptos expresados*
Ciclo Básico Unificado (CBU)	Esta secuencia de etapas de un ecosistema se llama sucesión y solo es posible verla a partir de la formación de un nuevo ecosistema. En un primer momento, la sucesión se caracteriza por la poca **cantidad de especies** que la pueblan (…). Con el transcurso del tiempo, el ambiente va poblándose con otras especies que desplazan a las originales. A medida que el **número de especies** aumenta, comienza la competencia entre ellas hasta llegar a lo que los ecólogos llaman clímax[1] (p. 104).
	Nuestra opinión es que si bien el concepto de especie no resulta útil para agrupar toda la **diversidad biológica** existente, constituye una buena herramienta conceptual para comprender muchas relaciones (…) (p. 217). En biología se habla de **biodiversidad** para describir la variedad de seres vivos y ecosistemas que existen. El concepto de especie permite agrupar y conocer gran parte de la diversidad de seres vivos. En la actualidad existen, reconocidas por los científicos, alrededor de 1.400.000 especies[2] (p. 219).
	Selvas o bosques tropicales. Se trata de los ecosistemas con mayor **riqueza en variedad de especies** de fauna y flora. Están ubicados en (…)[3] (p. 143).
	¿Sabes cuántos seres vivos se conocen en la actualidad? Se calcula que existirían alrededor de 12.500.000 especies diferentes en todo el planeta. (…). Como ves, la **biodiversidad** o **diversidad biológica**, es decir, la variedad de seres vivos que habitan el planeta, es enorme, prácticamente incontable[4] (p. 110).
	Evitando la extinción de las especies. Nos permite preservar la **diversidad genética** que se encuentra en los organismos vivos del mundo entero. Los peligros más grandes que amenazan las especies son la explotación excesiva y la destrucción de los hábitat (…)[5] (p. 155).
	Entre los componentes bióticos del ambiente se pueden encontrar gran variedad y cantidad de seres vivos (p. 14). ¿Qué podemos observar en un viaje hacia las Cataratas del Iguazú? La selva misionera es la región natural de mayor **diversidad biológica** de la Argentina. Si bajamos del transporte que nos lleva a las Cataratas y nos internamos en la selva (…)[6] (p. 23).

Textos para la educación formal o informal	*Conceptos expresados*
Ciclo Básico Unificado (CBU)	Cuanto más compleja es una comunidad, con mayor número de poblaciones y de interacciones entre ellas, menor es la probabilidad de que se establezca un invasor. El impacto de un invasor es mucho mayor sobre un ecosistema simplificado, como puede ser un campo de cultivo, ocupado por un **número** reducido de **especies**[7] (p. 161).
	El problema de la **diversidad biológica**. Cualquiera de nosotros que se haya aventurado a través de los campos vírgenes de la pampa húmeda no deja de sorprenderse por la gran variedad de seres que allí habitan (p. 12). **Diversidad Biológica**. A lo largo de la historia se enfrentaron dos concepciones antagonistas para explicar su origen: fijísmo y transformismo. Panorama de la **diversidad biológica**. [continúa con el estudio de los reinos][8] (p. 187).
Divulgación	Los docentes y sus alumnos pueden explorar todos estos "hábitats" del patio, haciendo un *re-conocimiento* de la diversidad biológica presente, sus adaptaciones y sus interrelaciones (p. 10). **La diversidad** ¿Qué especies encontramos en nuestro patio? ¿Cómo organizamos el inventario de seres vivos del patio? (…) ¿Qué tienen en común las especies de cada uno de los modelos encontrados?[9] (p.11).
Suplemento de colección de un diario	Los arrecifes de coral tienen una gran **biodiversidad** porque contienen numerosas especies diferentes. La biodiversidad del desierto es baja, pues tiene pocas especies. Ciertas actividades humanas, como la pesca, han reducido la biodiversidad en muchos ecosistemas[10] (p. 80).

Referencias

1. Ostrovsky, G. y Grindchpun, M. (2001). *Ciencias Naturales 7*. Buenos Aires: Kapelusz.

2. Aragundi, A. E.; Gutiérrez, A. y Fernández, S. B. (1997). *Ciencias Naturales 8*. Buenos Aires: Kapelusz.

3. Barderi, M. G. (2002). *Ciencias Naturales 7: libro del docente* (1°. Ed.). Buenos Aires: Santillana.

4. _____ (2002). *Ciencias Naturales 8: libro del docente* (1°. Ed.). Buenos Aires: Santillana.

5. Liserre de Telechea M. A. y Cazado, J. A. (1994). *Biología 1* (4°. Ed.). Buenos Aires: AZ Editora.

6. Mateu, M.; Maresca, S. y Botto, J. L. (1997). *Ciencias Naturales. Biología 7*. Buenos Aires: AZ Editora.

7. Revel Chion, A.; Meinardi, E. y Sztrajman, J. (1995). *Ciencias Naturales. 1er año* (1°. Ed.). Buenos Aires: Aique.

8. Aljanati, D.; Wolovelsky, E. y Tambussi, C. (1996). *Los caminos de la evolución. Biología II*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.

9. Rost, N.; Margutti, L. y Oviedo, R. (2005). *Bichos y plantas. Organismos focales del patio escolar*. Neuquén: Artes Gráficas Limay.

10. Anónimo. (2006). *Serie Averigua Más*. Córdoba: Suplemento del Diario "Día a Día". 3 de marzo.

Cuadro 3. Expresiones textuales referidas a la diversidad biológica presentes en textos para la educación formal de nivel secundario o informal.

¿Qué dicen los Lineamientos Curriculares de la Jurisdicción Córdoba, Argentina?

Una observación detallada de los Lineamientos Curriculares de la provincia de Córdoba (MEC, 1998) muestra una organización en espiral entre los dos ciclos que componen la escuela secundaria –alumnos de 12 a 17 años: el Ciclo Básico Unificado (CBU) y el Ciclo de Especialización (CE, o Polimodal)–. Esta secuenciación revela la noción de niveles de complejidad del contenido como basamento para la construcción curricular del saber "a enseñar" (Cuadro 4). Particularmente, el tema diversidad o biodiversidad se ubica en segundo, cuarto y sexto año de la enseñanza, dentro del eje "Los organismos: unidad, diversidad, continuidad y cambio" del CBU, que luego se modifica levemente para el CE, transformándose en "La vida, unidad, continuidad y cambio". Por otro lado, hemos identificado que numerosos tópicos del currículo desde primer hasta sexto año se relacionan con este concepto, principalmente en el eje "Los sistemas ecológicos en constante dinámica" del CBU y "El ambiente y la calidad de vida" del CE.

Nivel	Curso	*Ejes*	
		Los sistemas ecológicos en constante dinámica	*Los organismos: unidad, diversidad, continuidad y cambio*
CBU	1	Sistemas ecológicos; componentes, interacciones. Biósfera. Ecosistemas. Hábitat y nicho ecológico (p. 15).	
	2		**Diversidad** de los seres vivos: criterios de clasificación, los niveles de organización como criterio. Los cinco Reinos (Moneras, Protistas, Hongos, Animal, Vegetal): criterios y características diferenciales (en cuanto a número y tipo de células, formas de nutrición, etc.). La ubicación problemática de los virus. Especies regionales más importantes desde el punto de vista ecológico, económico y sanitario (p.17).
	3	Ecosistema humano. El uso de recursos del planeta. Las actividades humanas y el impacto ambiental. Alternativas de solución a los problemas ambientales. Desarrollo sustentable (p. 19).	Cambios en los seres vivos. Evolución: postura de Lamarck y Darwin. Principales mecanismos de evolución: mutación, selección natural. Breves nociones de evolución humana (p. 19).
		Ejes	
		El ambiente y la calidad de vida	*La vida, unidad, continuidad y cambio*
CE	4	Intercambio de materia y energía entre el hombre y el ambiente. Efectos ambientales sobre la calidad de vida. Política económica y política ambiental. Necesidad de desarrollo sustentable. Manejo de recursos a nivel regional: criterios de búsqueda, intercambio, explotación y evaluación. Análisis de interrelaciones e interdependencias entre hechos o procesos naturales y sociales en la dinámica de la vida (p. 172).	El papel de la información en los sistemas vivos: genes y cromosomas. **Biodiversidad** (p. 173).

Nivel	Curso	*Ejes*	
		El ambiente y la calidad de vida	*La vida, unidad, continuidad y cambio*
	5	Riesgos ambientales: urbanos y rurales: su relación con la calidad de vida. Impacto ambiental sobre los seres vivos. (…) Contaminación ambiental domiciliaria, barrial, comunal y regional. (…) (p. 305).	
	6	El ambiente desde una perspectiva histórica. Las comunidades y sus relaciones con el entorno natural en diferentes tiempos y espacios. Poblaciones indígenas, su relación con el ambiente, diversos estilos de vida y resolución de situaciones. Principales recursos naturales de Córdoba, Argentina, y de los países del Mercosur. Valuación económica, conservación, preservación y protección de los recursos (p. 307).	Evolución biológica. Célula procariota y eucariota. Organismos unicelulares y multicelulares. Cooperación en integración. La **biodiversidad** como consecuencia de la evolución. Reinos. Dominios. Principales líneas filogenéticos de los seres vivos (p.306).

Cuadro 4. Expresiones referidas a la diversidad biológica presentes en los Lineamientos Curriculares de la provincia de Córdoba, Argentina, para la educación secundaria (12 a 17 años). CBU: Ciclo Básico Unificado. CE: Ciclo de Especialización.

Sin embargo, analizando en profundidad la idea de diversidad que subyace, hemos encontrado que la misma se encuentra ligada a la taxonomía, particularmente a la riqueza (o número) de especies, a pesar de que para el CBU la explicación del eje donde se encuentra este tema expresa textualmente que:

> *Con respecto a la diversidad no se pretende un estudio puramente taxonómico de los Reinos, sino más bien un abordaje a partir de los patrones comunes tanto en lo morfológico como en lo funcional y ecológico. Se enfoca la diversidad como consecuencia de la evolución. De esta manea, se puede encarar el estudio de la diversidad de los seres vivos, considerando un plan general de organización de los distintos grupos, tendientes a una mayor comprensión de los niveles de organización que comparten (p. 14).*

Creemos que no da suficientes indicaciones como para escapar de la aproximación taxonómica por solo mencionarlo, o proponiendo un abordaje desde la anatomía comparada como consecuencia de la evolución. "Lo funcional y ecológico" encierra un importante marco teórico que no se especifica para ninguno de los dos niveles de la escuela secundaria. Es más, la presencia del contenido *diversidad* para el segundo año, como ya hicimos notar, refiere a la diversidad de los seres vivos, por lo que se planteaba un estudio de los reinos y que estuviese centrado en las especies.

En Argentina, desde 1993, comienza a concretarse la Reforma Educativa con la sanción de la Ley Federal de Educación N° 24.195. Esta representa el marco normativo de regulación de los tres ejes de la transformación: la estructura del sistema –cambian niveles, obligatoriedad, carga horaria, nuevas funciones para la escuela–, los diseños curriculares para todos los niveles, con Contenidos Básicos Comunes (CBC) –con una ejecución prevista durante el período 1993-2000–, y la transformación de la formación docente –con acreditación de Institutos de Formación Docente Continua y títulos, funciones y nuevos diseños curriculares– a cumplirse entre 1993 y 2003 (De Longhi y Ferreyra, 2002).

La obligatoriedad de la escuela estipulaba la presencia de los alumnos en las aulas hasta el tercer año (14 años), con lo que el alcance curricular para *biodiversidad*, así como para *ecosistema*, era relativamente simple. Desde 2007, con la sanción de una nueva Ley de Educación Nacional (Nº 26.206), se ha prorrogado la enseñanza obligatoria hasta el sexto año, pero aún no se han normado cambios en los contenidos del currículo oficial.

Si se continuara de esta manera, suponemos que en el cuarto año, los alumnos deberían estudiar la biodiversidad analizándola desde el papel de la información presente en los genes. No obstante, vemos que el acercamiento desde el mundo microscópico de los cromosomas y las células podría no llevarnos más que al estudio del organismo entero y al entendimiento de la biodiversidad como la diversidad de organismos o especies. Una aproximación diferente, poco presente en las escuelas, sería la basada en la genética de poblaciones, que estudia el fenómeno de la herencia y la variación de las poblaciones con el objeto de dar explicación a fenómenos evolutivos.

En sexto año, si bien se retoma el concepto de biodiversidad dándole una perspectiva evolutiva, se lo relaciona nuevamente con la diversidad taxonómica –reinos y dominios– en un intento de encontrar causas de los cambios y la radiación adaptativa.

En los Lineamientos Curriculares, como vemos, no están comprendidos los componentes jerárquicos de la biodiversidad relacionados con los grupos funcionales y las unidades de paisajes. La presencia de los mismos en los textos que determinan aquello que culturalmente es importante conocer sigue siendo un desafío pendiente tanto para la reforma educativa como para la formación docente.

Desde otra perspectiva de análisis, identificamos que cuando se estudia la biodiversidad centrada en la riqueza de especies no solo se dejan de lado las poblaciones, los grupos funcionales y las unidades de paisaje, sino que también, el único criterio de validez es la abundancia. Como consecuencia, los procesos y procedimientos desplegados para su estudio consisten en contar especies, dejando de lado otros niveles de análisis como la abundancia relativa, la composición –identidades–, interacciones, rango, distribución espacial y temporal, etc.

Por todo lo mencionado, podemos concluir que escapan al currículo oficial de la provincia de Córdoba, en sentido amplio, los componentes jerárquicos de genotipos y comunidades, particularmente los grupos funcionales y las unidades de paisaje; y que los atributos estudiados en cada nivel están solamente limitados al número.

Sin embargo, es conveniente aclarar que un diseño curricular a nivel del Ministerio Provincial de Educación, como el que estamos analizando, no incluye el alcance que se le da a los términos que en él se expresan. Esta situación deja al descubierto la libertad que tiene un docente para trabajar en los espacios vacíos del entramado curricular y adecuar así su propuesta al proyecto institucional y al enfoque de particular interés.

De esta manera, la selección y organización de una temática como la de biodiversidad requiere especificar, como dijimos antes, niveles de complejidad desde una teoría de referencia, una explicación de su alcance –acorde a la institución, a las características de los alumnos y al nivel educativo–, y un enfoque particular –ecológico, ambiental, etc.–, temas que abordaremos en el siguiente punto.

Orientaciones para la transposición del concepto de diversidad funcional

¿Qué saber sabio es necesario recuperar?

Para empezar a plantear un cambio sería conveniente que retomáramos la estructura teórica y semántica de la Ecología. El primer paso consistirá en reconocer la totalidad de los componentes jerárquicos de la biodiversidad.

Hamilton (2005) sostiene que, en general, han existido dos aproximaciones para el estudio de la diversidad de especies que han incorporado como variables tanto la riqueza como la abundancia relativa. Por un lado, se encuentra la construcción de índices matemáticos ampliamente conocidos como 'índices de diversidad' (Simpson, Shannon, Margalef, etc.); y por otro, la comparación de los patrones de abundancia de especies con modelos teóricos como el de 'vara quebrada', la serie geométrica, logarítmica y lognormal.

A un nivel microscópico, para conocer la variedad genética se pueden analizar directamente los cambios en la estructura del ADN, o indirectamente las proteínas que codifican genes específicos. Con datos moleculares pueden determinarse, por ejemplo, el nivel promedio de heterocigosidad, la proporción de loci polimórficos y el total o el promedio del número de alelos por locus (Mallet, 1996). La diversidad genética puede analizarse también a través de aproximaciones cuantitativas relativas a las características morfológicas, con un valor adaptativo más directo, como lo es la diversidad fenética o diversidad de fenotipos (Moreno, 2001).

La diversidad funcional suele estudiarse a través de los atributos empleados en la diversidad de especies. La aproximación más simple es el número de grupos funcionales (Hooper *et al.*, 2002), mientras que los índices más detallados tienen la desventaja de ser difíciles de estimar (Petchey y Gaston, 2006), o de requerir decisiones arbitrarias acerca de qué caracteres incluir, si considerar la abundancia relativa de los mismos, o a qué escala una diferencia puede resultar significativa. Sin embargo, éstos constituyen una medida mucho más completa y acabada de la diversidad, ya que pueden darnos mayores precisiones acerca de lo que ocurre en una comunidad. Otros estudios, más específicos aún, utilizan medidas de la diversidad filogenética, calculando la diversidad funcional como la longitud total de las ramas de un dendrograma, que es una representación gráfica en forma de árbol que agrupa a las especies de acuerdo con el grado de similitud en la expresión de un conjunto de caracteres funcionales seleccionados (Petchey y Gaston, 2002; 2007).

Por otro lado, la diversidad biológica al nivel de comunidades se analiza mediante las técnicas de ecología del paisaje (Turner y Gardner, 1991). Un paisaje se define como un área formada por un conjunto de comunidades que interactúan y se repiten de forma similar, y que lo hacen típicamente heterogéneo (Forman, 1995). La diversidad al nivel de comunidades puede analizarse, al igual que la diversidad de especies, como la riqueza –número de comunidades distintas presentes en un paisaje– o la estructura –proporción de cada comunidad dentro de un paisaje–. Por lo tanto, pueden aplicarse índices como el de Shannon.

Los modelos representacionales de los alumnos

Como señalamos anteriormente, hemos identificado que la diversidad funcional es el componente que experimenta una adecuación más intensa a lo largo de la transposición didáctica debido a que no aparece siquiera en numerosos libros de texto ni en los Lineamientos Curriculares de la Jurisdicción Córdoba. Por ello, proponemos su transposición holística (Figura 2) teniendo en cuenta que el concepto u "objeto de saber" no es el punto de partida sino el de llegada, esto es, a través de una secuencia de actividades expresadas como "objeto de enseñanza" que recuperan los modelos intuitivos de los alumnos.

Con respecto a estos últimos, sería conveniente tener en cuenta que para hacerlos avanzar hacia el saber sabio sería necesario considerar factores y marcos alternativos específicos que influyen en la enseñanza del contenido *biodiversidad*. Por ejemplo, en los pueblos asentados en territorios con desarrollo de actividades estrechamente ligadas a los recursos ambientales –como ocurre con los originarios de Latinoamérica y muchas comunidades rurales actuales–, existe un vasto conocimiento tradicional acerca de los usos y prácticas con fibras vegetales, tinturas, alimentos, etc., relacionadas con el shamanismo, el curanderismo y con prácticas de autotratamiento (Martínez y Planchuela, 2003; Martínez, 2007). Estos saberes deberían ser considerados en las situaciones didácticas. Por ejemplo, las clasificaciones establecidas popularmente sobre las medicinas naturales podrían servirnos, por un lado, para reconocer los servicios ecosistémicos, y por otro, los posibles grupos funcionales.

Sin embargo, en un contexto de crecimiento y desarrollo de los niños cada vez más urbano, no podemos dejar de citar los efectos de una 'amnesia generacional' (Pyle, 1993) que surge por la ausencia de significación psicológica que adquiere la pérdida de la diversidad debido a que el ambiente percibido por las personas cuando pequeñas, actúa como línea de base para la interpretación de la degradación ambiental. En este sentido, la 'extinción de la experiencia' no es más que la pérdida de oportunidades que tienen de interactuar con la naturaleza (Pyle, 1993; Millar, 2005).

Otros elementos que encontramos en la raíz del ideario medioambiental son el pensamiento mágico y catastrófico. El primero, anteriormente descrito por Rhode (1996), presupone la bondad y armonía de los elementos de la naturaleza por el mero hecho de ser 'naturales'. Por su parte, el pensamiento catastrófico aparece cuando las perturbaciones –entre ellas las actividades humanas– se asocian a presiones ambientales devastadoras que culminan necesariamente con la extinción, la muerte, la desertización, etc. (Bermúdez, 2007).

Otras teorías intuitivas, como la representación de los ecosistemas como unidades homogéneas y estables, el entendimiento de las redes alimentarias como cadenas uni o bi-direccionales, y las dificultades asociadas al procesamiento de algunas técnicas científicas (ver Figura 2), han sido presentadas en algunos trabajos previos (Bermúdez, 2005; 2006a,b; 2007).

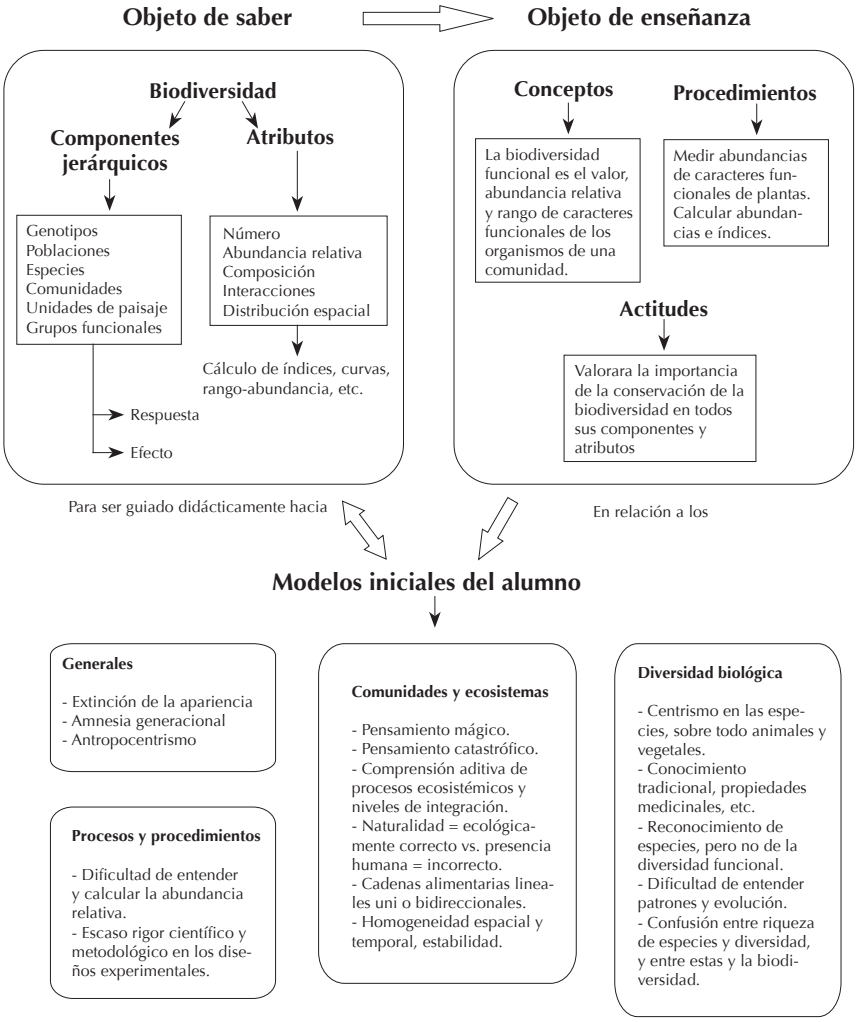

Figura 2. Representación gráfica de la transposición de la diversidad funcional. Adaptado del modelo de transposición holística presentado por Jiménez y Sanmartí (1997).

El objeto de enseñanza

Proponemos ahora algunas herramientas que pueden aportar a la construcción de una unidad didáctica que tenga como objetivo provocar la

comprensión de los conceptos, procedimientos y actitudes planteados en la Figura 2. Para ello, damos algunas pautas para la realización de actividades en el patio de la escuela (Feisinger *et al.*, 1997), una plaza cercana, un parque, y hasta un conjunto de macetas de una galería del colegio, como espacios de aprendizaje de significativa importancia para la enseñanza de temáticas ecológicas.

En el marco de una estrategia de indagación dialógica problematizadora (De Longhi, 2007), las preguntas que se mencionan a continuación son ejemplos que pueden adaptarse a diferentes contextos de problematización y ser aplicadas a distintos disturbios (sequía, inundación, un aumento considerable en el número de alumnos que concurren al establecimiento educativo, etc.). Las ideas que brindamos están limitadas al estudio de la vegetación; no obstante, pueden ser aplicadas, aunque con algunas diferencias metodológicas, a otros grupos taxonómicos.

Pregunta 1: ¿cómo afectan las actividades del patio de la escuela (actos, partidos de fútbol, etc.) a la diversidad funcional?

Pregunta 2: si se encendiera un fuego en el patio de la escuela para cocinar un asado, o sentarse alrededor para tocar la guitarra, ¿cuál sería el lugar indicado para evitar provocar un incendio?

Pregunta 3: en el caso de que se propagara el fuego señalado en la pregunta anterior, ¿qué sector se dañaría menos y cuál se recuperaría más rápidamente?

Pregunta 4: ¿cómo se ven modificadas las respuestas anteriores si tenemos en cuenta las estaciones del año?

¿Cómo seleccionar las áreas de estudio?

Para comenzar, conviene tener en claro cuáles son las áreas de estudio. Para ello, sugerimos determinar al menos tres zonas del patio con distintas intensidades de un mismo disturbio (pisoteo generado por actividades deportivas, actos escolares, talleres, etc.). Las mismas pueden derivarse de un análisis previo que determine las frecuencias de uso (por ejemplo, 4 veces a la mañana 5 días a la semana) o la carga por unidad de área (por ejemplo, 50 alumnos en 30 metros cuadrados; su peso de sobre una unidad de área y tiempo, etc.), o bien, ser determinados *a priori*. Seguramente los estudiantes sabrán definir con mucho conocimiento del terreno las categorías y sus niveles de perturbación.

Por otro lado, será necesario muestrear un mínimo de tres sitios en cada una de las zonas seleccionadas. Estos sitios pueden ser elegidos al azar o demarcados a lo largo de una transecta, a una distancia fija, la que dependerá de las dimensiones del área de estudio (cada dos metros, cada tres metros, cada cinco metros, etc.). En el caso de tomar la primera opción, una forma divertida de marcar el territorio es vendar los ojos a algún voluntario que arroje algún objeto al suelo dos veces. La transecta puede ser definida de la misma manera, uniendo con una línea imaginaria los dos puntos marcados. Resta entonces definir el tamaño de los tres sitios de cada área. La misma dependerá de la inclusión de las especies arbóreas y arbustivas –si las hubiera–, lo que es recomendable.

El área de estudio se define al ir incrementando su superficie hasta que el número de especies contenidas en ella no varíe significativamente. En general, puede trabajarse sin inconvenientes con un metro cuadrado, pero solo si se consideran las gramíneas y dicotiledóneas herbáceas.

Para seleccionar los sitios, cualquiera que haya sido el método de elección, es conveniente establecer con anticipación si la superficie de los mismos será delimitada considerando que el objeto marcador, o los metros fijados a lo largo de la transecta, determinan el centro o algún extremo del cuadrado (superior derecho, por ejemplo).

¿Qué caracteres y cómo medirlos?

Cornelissen *et al.* (2003) han desarrollado un manual de protocolos estandarizados para la medición de caracteres funcionales en plantas, de los que solo nos centraremos en los caracteres vegetativos de planta entera, hoja y tallo (Cuadro 5) que puedan ser medidos fácilmente en el ámbito escolar.

Para trabajar con un primer nivel de complejidad, sugerimos que a fin de simplificar la tarea se midan cinco individuos de seis especies elegidas al azar en cada una de los sitios seleccionados. De esta manera, resultará más probable que las especies escogidas sean las más abundantes y, por tanto, las que mayor influencia tienen en el funcionamiento del ecosistema. De otro modo, y con un nivel de complejidad superior, puede determinarse en forma paralela la abundancia relativa de cada una de acuerdo con el porcentaje del suelo que cubren. La cobertura es definida como el área de una superficie conocida ocupada por las estructuras de una especie vista desde arriba. Normalmente se determina como un porcentaje, en clases de 5 ó 10% cada una. Debido a que las estimaciones son realizadas “a ojo” existe la probabilidad de error entre muestras y entre operadores, pero el método tiene la ventaja de ser rápido de usar.

Carácter funcional

Planta entera

Forma de crecimiento

Es una variable categórica determinada, principalmente, por la estructura y altura del dosel, que puede estar relacionada con las estrategias de las plantas, factores climáticos y el uso de la tierra. Cada especie es asignada a una de las siguientes categorías: gramíneas, dicotiledóneas herbáceas, arbustos, suculentas, epífitas y árboles.

Altura de la planta

Se define como la distancia mínima que existe entre el extremo superior del tejido fotosintético principal y el nivel del suelo, y se expresa en metros (m) (Cornelissen y otros, 2003). Debe ser considerada la altura a la que se encuentra el follaje y no la de alguna inflorescencia o tallo que lo supere en altura, si existiese. Este carácter se relaciona con la competencia, la vigorosidad, la tolerancia a los disturbios ambientales producidos por el ser humano (Cornelissen y otros, 2003). Para las plantas con forma de roseta se recomienda tomar la altura de las hojas; mientras que para las especies herbáceas se sugiere tomar un tallo, estirarlo, y medir la longitud desde la base hasta la hoja verde más joven del extremo.

De cada sitio se obtiene un dato por especie, por lo que debe calcularse un promedio con cinco individuos adultos que no estén ubicados debajo de árboles o en cercanías de elementos que den sombra.

Hoja

Área foliar y área foliar específica (AFE)

Es el área de una hoja madura, verde, turgente y completamente desplegada. Se expresa en mm^2. Si dividimos este valor por la masa seca de la hoja se obtiene el AFE (mm^2/ mg). Estos caracteres se consideran que son "blandos", ya que pueden ser medidos con relativa facilidad. Resultan buenos indicadores de los "caracteres duros", de significado eco-fisiológico más directo, pero de cuantificación más laboriosa. En este sentido, el AFE a menudo se correlaciona positivamente con el crecimiento relativo potencial –es decir, qué tan rápido pueden responder a un disturbio–, o con la tasa fotosintética relativa. Los valores bajos se corresponden con una alta inversión en las defensas de la hoja –cutículas, ceras, pelos, etc.–, mientras que los valores altos pueden encontrarse en ambientes ricos en nutrientes (Cornelissen *et al.*, 2003).

Se recomienda tomar un mínimo de tres hojas de cinco individuos por especie, de cada uno de los sitios.

Para determinar el área, se sugiere la utilización de papeles cuadriculados (donde cada cuadrícula tiene un área conocida), o calcar las hojas en un papel con una relación masa/área conocida (recortar el papel, pesarlo y calcular el área que tiene ese peso con una regla de tres simple) o con un escáner (están disponibles en internet varios programas gratuitos para calcular la superficie escaneada de la hoja).

Para conocer la masa seca de las 3 hojas por individuo, luego de determinar sus superficies, es ideal que se cuente con una estufa estabilizada a 60º C, donde sean colocadas en sobres de papel debidamente rotulados. El procedimiento de medición termina cuando se obtiene una masa constante a lo largo de los días, pero para la mayoría de las hojas, 48 hs son suficientes para que pierdan toda el agua. En el caso de no contar con una estufa de laboratorio, se puede realizar el secado en hornos de barro a fuego muy bajo, en hornos de cocina, o confeccionando un soporte para los sobres cerca de una estufa convencional; solo hay que tener cuidado de que el calor no carbonice la materia orgánica. No hay que perder de vista que la balanza que se utilice debe ser lo suficientemente sensible como para determinar la masa seca de tres hojas, por lo que, en caso de utilizar alguna comercial, quizá convenga hacer una prueba piloto para determinar si hay que aumentar la cantidad de material vegetal, o hay que pesar las tres hojas de los cinco individuos a la vez.

De cada sitio se obtiene un dato por especie, por lo que primero debe calcularse el área de las tres hojas, dividirlo por la masa de éstas y luego realizar el promedio de los valores de los cinco individuos.

Dureza

En sentido amplio, la dureza de las hojas puede ser definida como la fuerza necesaria para romperla en su ancho. Este carácter resulta un buen indicador de las inversiones que realizan las plantas para proteger a las estructuras fotosintéticas de factores abióticos (vientos, heladas, fuego, etc.) y bióticos, como el daño mecánico producido por los herbívoros –con presencia de espinas, pelos urticantes, metabolitos secundarios, etc.– (Cornelissen *et al.*, 2003). Además, la dureza foliar nos da una idea de la calidad de la hoja para ser descompuesta por los microorganismos del suelo.

Se recomienda establecer categorías ordinales (1 a 4, por ejemplo) determinadas por algún artilugio mecánico como la dificultad que ofrece la hoja al ser cortada en su ancho con un bisturí, una hoja de afeitar, etc. Para evitar que hojas más anchas, y no necesariamente más duras, sean más dificultosas de dividir, conviene cortar un segmento de acho fijo para todas las hojas, como puede ser 1 cm a un costado de la nervadura central (en el caso de las dicotiledóneas). Los mismos podrán ser dispuestos sobre un telgopor o un paño para proceder con el elemento cortante. La fuerza aplicada con cada corte debería ser constante a lo largo de la experiencia, por lo que conviene que sea una sola persona quien se encargue de esta actividad.

El número de hojas por individuo y de individuos por especie es idéntico al punto anterior.

Tallo

Contenido de agua

El contenido de agua de los tallos terminales calculado como PF (Peso Fresco) – PS (Peso Seco) es un carácter más sencillo de calcular y más apropiado para trabajar en la escuela que el contenido de materia seca (Cornelissen *et al.*, 2003). Estos mismos autores señalan que son parámetros críticos que indican la facilidad con que una planta produce una llama y comienza a quemarse, por lo que contribuyen significativamente a los regímenes de fuego. Debido a esta misma característica tienen un impacto ecológico y económico de importancia.

La forma de trabajar es idéntica que para el carácter área foliar, solo que hay que pesar las hojas en su peso fresco (es decir, apenas son cortadas) antes de ponerlas a secar.

Una forma más elaborada de considerar el contenido de agua de la planta es en relación a lo que el tejido, dada su estructura y condiciones particulares, puede llegar a tener. Esto se denomina Contenido Relativo de Agua (CRA) y se calcula como (PF-PS)*100 / (Psat-PS), donde PF es el peso fresco; PS el peso seco; y Psat, el peso saturado. Es decir, Psat - PS es la máxima cantidad de agua que puede tener el tallo, y PF - PS es la que verdaderamente tiene. El Psat se determina colocando las hojas en PF dentro de una cámara húmeda para que se hidraten. Hasta que lleguen a un peso constante se recomienda colocarlas en un frasco de vidrio cerrado (o cápsula de petri) con un algodón embebido en agua.

La forma de calcular los otros pesos y obtener los promedios es la misma que la indicada para el área foliar.

Cuadro 5. Caracteres funcionales de plantas que pueden estudiarse en el patio escolar, procedimientos de medición y criterios de interpretación en el contexto del funcionamiento ecosistémico.

¿Cómo analizar los caracteres funcionales?

Un nivel de análisis de la diversidad funcional puede circunscribirse a la riqueza de tipos funcionales. Por ejemplo, en el caso del punto 1 del Cuadro 5, podemos mencionar que un área determinada del patio que tiene gramíneas, dicotiledóneas herbáceas, arbustos y epífitas es más rica que otra que tiene solo especies de las dos primeras. Por otro lado, si calculamos las abundancias de las especies para cada uno de los caracteres funcionales expresados, podremos calcular un índice de diversidad como el de Simpson, pero con datos que representan la abundancia relativa de cada uno de los caracteres funcionales. Una descripción detallada del cálculo de este índice en el ámbito escolar se presenta en Bermúdez (2007), donde se estudia la diversidad de especies en zonas del patio con diferentes niveles de disturbio.

Como ya hemos mencionado, al hablar de diversidad funcional cobra importancia el rango *valor máximo-valor mínimo* de los caracteres considerados; es decir, la diferencia entre sus valores extremos. Por lo tanto, otro nivel de análisis que puede llevarse a cabo consiste en determinar el valor promedio de, por ejemplo, la altura de la planta, el área foliar específica y la dureza de las seis especies analizadas por sitio –cada valor calculado, a su vez, como el promedio de cinco individuos–. De la misma manera puede calcularse el rango para los sitios –tres por área– y áreas de estudio –promedio de los rangos de los tres sitios que incluye– para cada uno de los caracteres funcionales.

Si los conocimientos estadísticos de los alumnos lo permiten, otra medida interesante de la dispersión de los valores de una variable es el coeficiente de variación, calculado como el cociente entre el promedio y el error estándar, multiplicándolo por cien.

Más adelante, sería conveniente que se realizaran gráficos de frecuencias de los tipos, caracteres funcionales e índices y rangos con estos últimos, de forma que se facilite la comparación de las áreas de estudio. Por otro lado, pueden calcularse índices de diversidad de especies para cotejarlos luego con los índices de diversidad funcional, siempre interpretando los resultados desde las teorías y haciendo nuevas inferencias.

Consideraciones finales

La biodiversidad es un tema candente en la comunidad de científicos, ya que está en constante actualización y acumulación de conocimientos teóricos y metodológicos, al punto que se ha comenzado a hablar de la biodiversidad como ciencia. Las evidencias que señalan la importancia de su conservación para la vida presente y futura del ser humano son contundentes.

Trabajar didácticamente sobre la selección y organización de un contenido como el de biodiversidad exige la revisión disciplinar, una adecuada transposición y la elección de un enfoque que le otorgue a la propuesta de enseñanza un sentido ecológico y social.

Para ello el docente de Biología debe contemplar criterios lógicos, psicológicos y socio culturales a la hora de tomar decisiones sobre el conocimiento a enseñar. En el marco de los mismos deben establecerse los niveles de complejidad del contenido prescripto desde los diseños curriculares.

Lo anterior convierte al enseñante en un mediador calificado en la construcción del conocimiento, ya que es quien recupera el conocimiento cotidiano y lo proyecta hacia el científico desde una propuesta académica y desde las interacciones que genera en el aula.

La biodiversidad como objeto de enseñanza, tal como lo presentamos, plantea la necesidad de una revisión de los diseños didácticos y abre el interrogante sobre qué aspectos de este tema incluir en los procesos de formación docente.

Referencias bibliográficas

Bermúdez, G. (2007). Construyendo comprensiones maestras en Ecología. Resolución de situaciones problemáticas sobre biodiversidad y perturbaciones. En: A. L. de Longhi y M. P. Echevarriarza (Comps.). *Diálogo entre diferentes voces. Un proceso de formación docente en Ciencias Naturales en Córdoba-Argentina* (pp. 87-110). Unesco. UNC. Córdoba: Universitas Libros.

Bermúdez, G. y De Longhi, A. L. (2006a). Magia y catástrofe en la comprensión ingenua de factores estructuradores de los ecosistemas. En: *VII Jornadas Nacionales y II Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología "La educación en biología: desafíos y propuestas para una práctica educativa renovadora"*. ADBiA. 11 al 14 de octubre. Neuquén, Argentina.

_____ (2006b). La comprensión de los métodos ecológicos en el planteo de estrategias contra la pérdida de la diversidad biológica. En: *VII Jornadas Nacionales y II Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología "La educación en biología: desafíos y propuestas para una práctica educativa renovadora"*. ADBiA. 11 al 14 de octubre. Neuquén, Argentina.

_____ (2005). De la ingenuidad a la maestría. Niveles y dimensiones de la comprensión de cuestiones ecológicas en la escuela media. [Conferencia] En: *Tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología*. 9 y 10 de diciembre. Buenos Aires. Disponible en: http://www.adbia.com.ar/eidibi_archivos/aportaciones/com_orales/trabajos_completos/berm_dez_de-Longhi_co.pdf

Chapin, F. S. III; Zavaleta, E. S.; Eviner, V. T.; Taylor, R. L. *et al*. (2000). Consequences of changing biodiversity. En: *Nature* (405), 234-242.

Chevallard, I. (1991). *La Transposición Didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique.

Convention on Biological Diversity (2001-2005). *Secretariat of the Convention on Biological Diversity. United Nations Environment Programme*. Disponible en: http://www.biodiv.org/convention/default.shtml#

Cornelissen, J. H. C.; Lavorel, S.; Gernier, E.; Díaz, S. *et al*. (2003). A handbook of protocols for standarised and easy measurement of plant functional traits worldwide. En: *Australian Journal of Botany* (51), 335-380.

Costanza, R.; D'arge, R.; De Groot, R.; Farber, S. *et al*. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. En: *Nature* (387), 253-260.

De Longhi, A. L. (2007). Gestión de un proceso de formación docente para ciencias naturales. En: A. L. de Longhi y M. P. Echevarriarza (Comps.). *Diálogo entre diferentes voces. Un proceso de formación docente en Ciencias Naturales en Córdoba-Argentina* (pp. 11-34). Unesco. UNC. Córdoba: Universitas Libros.

_____ (2000). La construcción del conocimiento un problema de Didáctica de las Ciencias y de los profesores de Ciencia. En: *Revista de Educación en Biología* 3 (1), 13-21.

_____ (1995). *La construcción del conocimiento en el aula: un esquema y proceso de análisis* [Tesis de Doctorado]. Universidad Católica de Córdoba.

De Longhi, A. L. y Ferreyra, A. (2002). La formación de docentes de ciencia en Argentina. Problemáticas asociadas a su transformación. En: *Journal of Science & Education,* 2 (3), 95-98.

Di Castri, F. y Younés, T. (Eds.), (1996). Introduction: biodiversity, the emergence of a new scientific field: Its perspectives and constraints. En: *Biodiversity, science and development: towards a new partnership* (pp. 1-11). Cambridge: CAB Internations & IUBS.

Díaz, S.; Fargione, J.; Chapin III, F. S. y Tilman, D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. En: *PLOS Biology,* 4 (8), 1300-1305.

Díaz, S. y Cabido, M. (1997). Plant functional types and ecosystem response to global change: a multiscale approach. En: *Journal of Vegetation Science 8*, 463-474.

_____ (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. En: *Trends in Ecology & Evolution,* 16 (11), 646-655.

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

Díaz, S. (2001a). Ecosystem function, measurement, terrestrial communities. En: S. Levin (Ed.). E*ncyclopaedia of Biodiversity* (v. 2), 321-344. San Diego: Academic Press

_____ (2001b). Does biodiversity matter to terrestrial ecosystem processes and services? En: W. Steffen, J. Jäger, D. Cason y C. Bradshaw (Eds.). *Challenges of a changing Earth: Proceedings of the Global Change Open Science Conference* (pp. 165-167). Amsterdam: Springer.

Duschl, R. A. (1997). *Renovar la enseñanza de las Ciencias: Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.

Ernst, R.; Linsenmair, E. y Rödel, M. O. (2006). Diversity erosion beyond the species level: Dramatic loss of functional diversity after selective logging in two tropical amphibian communities. En: *Biological Conservation* (133), 143-155.

Feinsinger, P.; Margutti, L. y Oviedo, R. D. (1997). School yards and nature trails: ecology education outside the university. En: *Trends in Ecology & Evolution,* 12 (3), 115-120.

Forman, R. T. T. (1995). *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions.* Cambridge: Cambridge University Press.

Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. En: *Enseñanza de las Ciencias,* 4 (1), 30-35.

Ghilarov, A. M. (1996). What does biodiversity means, scientific problem or convenient myth? *Trends in Ecology & Evolution* (11), 304-306.

Gitay, H.; Wilson, B. J. y Lee, W. G. (1996). Species redundancy: a redundant concept? En: *Journal of Ecology* (84), 121-124.

Grime, J. P. (1997). Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens. En: *Science* (277), 1260-1261.

Hamilton, A. (2005). Species diversity or biodiversity? En: *Journal of Environmental Management* (75), 89-92.

Heywood, V. H. (1998). *Global biodiversity assessment.* Cambridge: Cambridge University Press.

Hooper, D. U.; Solan, M.; Symstad, A. J.; Díaz, S.; Gessner, M. O. *et al*. (2002). Species diversity, functional diversity and ecosystem functioning. En: M. Loreau, S. Naeem y P. Inchausti (Eds.). *Biodiversity and ecosystem functioning: Syntheses and perspectives* (pp. 195-208). Oxford: Oxford University Press.

Jiménez, M. P. y Sanmartí, N. (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos de la educación secundaria. En: L. del Carmen (Coord.). *Cuadernos de formación del profesorado. Educación secundaria* (pp. 17-43). Barcelona: ICE/HORSORI.

Joshua, S. y Dupin, J. (1993). *Introducción á la didactique des sciences et des mathematiques*. Paris: PUF.

Lavorel, S.; Mcintyre, S.; Landsberg, J. y Forbes, T. D. A. (1997). Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. In: *Trends Ecology & Evolution* (12), 474-478.

Lovejoy, T. E. (1980). Changes in biological diversity. En: G. O. Barney (Ed.). *The Global 2000 Report to the President the Technical Report* (v. 2), 327-332. Harmondsworth: Penguin Books.

Mallet, J. (1996). The genetics of biological diversity: from varieties to species. En: K. J. Gaston (Ed.). *Biodiversity: a biology of numbers and difference* (pp. 41-57). Oxford: Oxford University Press.

Martínez, G. J. (2007). La farmacopea natural en la salud materno-infantil de los Tobas del Río Bermejito. En: *Kurtziana,* 33 (1), 39-63.

Martínez, G. J. y Planchuelo, A. M. (2003). La medicina tradicional de los criollos campesinos de Paravachasca y Calamuchita, Córdoba (Argentina). En: *Scripta Ethnologica* (25), 83-116.

Ministerio de Educación y Cultura (1998). *Dirección de Planeamiento y Estrategias Educativas. Propuestas Curriculares para Nivel Inicial, Primario, Ciclo Básico Unificado y Ciclo de Especialización*. [Documento oficial] Gobierno de Córdoba.

Miller, J. R. (2005). Biodiversity conservation and the extinction of experience. En: *Trends in Ecology & Evolution,* 20 (8), 430-434.

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (v. 1). Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis SEA.

Noerse, P. J. y McManus, R. E. (1980). Ecology and living resources: Biological diversity. In: *Environmental Quality 1980: The Eleventh Annual Report of the Council on Environmental Quality* (pp. 31-80). Washington: Council of Environmental Quality.

Norse, E. A.; Rosenbaum, K. L.; Wilcove, D. S.; Wilcox, D. S. *et al*. (1986). *Conserving biological diversity in our national forests*. Washington: The Wilderness Society.

Petchey, O. L. y Gaston, K. J. (2002). Functional diversity (FD), species richness and community composition. In: *Ecology Letters* (5), 402-411.

_____ (2006). Functional diversity: back to basics and looking forward. En: *Ecology Letters* (9), 741-758.

_____ (2007). Dendrograms and measuring functional diversity. En: *Oikos* (116), 1422-1426.

Pimentel, D.; Wilson, C.; Mc. Cullum, C.; Huang, R. *et al*. (1997). Economic and environmental benefits of biodiversity. En: *Bioscience,* 47 (11), 747-757.

Pyle, R. M. (1993). T*he Thunder Tree: Lessons from an urban wildland*. Boston: Houghton Mifflin.

Rohde, G. M. (1996). *Epistemología ambiental: uma abordagem filosófica-científica sobre a efetuacao humana alopoiética*. Porto Alegre: EDIPUCRS.

Secretariat f the Convention on Biological Diversity (2003). *Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol*. Montreal: SCBD, CBD Technical Series no. 10.

Solbrig, O. T. (1991). The origin and function of biodiversity. En: *Environment* (33), 16-38.

Spellerberg, I. F. (1991). *Monitoring ecological change*. Cambridge: Cambridge University Press.

Terradas, J. (2001). E*cología de la vegetación. De la fisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes*. Barcelona: Omega.

Tilman, D. (2001). Functional diversity. En: S. A. Levin (Ed.). *Encyclopedia of Biodiversity* (v. 3), 109-120. San Diego: Academic Press.

Turner, M. G. y Gardner, R. H. (1991). Quantitative methods in landscape ecology. En: *Ecological Studies* (82). New York: Springer-Verlag.

Walker, B.; Krinzig, A. y Langridge, J. (1999). Ecosystem function and plant attribute diversity: the nature and significance of dominant and minor species. En: *Ecosystems* (2), 95-113.