

Profista

APORTES A LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA

Plantae

Animalia

Moneres

Tres ejes para la enseñanza de la Sistemática: una propuesta

La figura del árbol de la vida es una adaptación de la ilustración del árbol de la vida según Haeckel, (1866).

A finales del siglo XVIII en un mundo en donde no existía el concepto de evolución sino el de creación, Linneo propuso una clasificación jerárquica inclusiva (artificial) que agrupaba a los organismos según su afinidad. A partir del descubrimiento de la historicidad de la naturaleza realizado por Darwin, se produce una ruptura epistemológica, planteándose uno de los dilemas más apasionantes de las clasificaciones; el de representar sólo las relaciones naturales expresadas por caracteres compartidos.

por Liliana Aun

laun@exa.unrc.edu.ar

Liliana Aun

es Profesora en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Especialista en Entornos Virtuales de Aprendizaje (OEI, CAEU) y Diplomada Superior en Enseñanza de las Ciencias (FLACSO). Ha realizado el Posgrado en Investigación Educativa (UNC) (UAM) y el Postítulo Docente en Formación Pedagógica (UNRC). Actualmente se desempeña como docente-investigadora del Dpto. de Ciencias Naturales de la UNRC y participa de proyectos de Investigación Educativa a nivel Medio y Universitario. Ha dirigido tesis de Grado y se ha desempeñado como disertante en talleres y presentando numerosos trabajos vinculados a su especialidad en Jornadas Educativas. Es autora y coautora de trabajos de investigación educativa, de divulgación científica y de materiales didácticos.

La biología es una ciencia que se ocupa del estudio de dos procesos distintos: los intraorganismicos y los supraorganismicos. Los primeros, tienen lugar en el interior de los individuos y son responsables del mantenimiento de las funciones vitales, mientras que los segundos tratan de fenómenos históricos que se suceden a través de generaciones, es decir que ocurren en una dimensión temporal que excede la vida de los organismos. A esta porción de la Biología la denominamos Biología Evolutiva.

La Biología Evolutiva estudia los fenómenos históricos de los seres vivos. *Es el cuerpo teórico que explica la enorme diversidad y distribución de los organismos.* Los cambios evolutivos son acontecimientos naturales cuya existencia es independiente de todo acto de conocimiento. La teoría evolutiva por el contrario es una construcción conceptual elaborada por los investigadores para explicar estos procesos naturales.

Una de las formas más perceptibles en que se expresa el proceso evolutivo es la biodiversidad. Ésta, es el resultado de la cladogénesis (bifurcación de linajes) y anagénesis (modificación de los genomas). Este fenómeno inherente a la vida fue descubierto e interpretado por el naturalista Charles Darwin. Al observar la diversidad del mundo viviente percibimos individuos. A estos mediante la descripción de sus caracteres, los reconocemos y asignamos a conjuntos llamados unidades táxicas (denominadas especies) que son la base de la teoría sistemática. Cada una de ellas corresponde a un tipo (clase) al que se asigna un nombre específico. Estos tipos son depositados en la colección científica de un museo para su conservación. Las unidades táxicas, en consecuencia, son consideradas la base de la teoría sistemática y se utilizan como referencia para distintas líneas de investigación.

La sistemática, campo clave en el conocimiento de la biodiversidad

Desde el momento que aparece la sistemática filogenética (cuyo creador fue Willi Hennig) dentro del campo de la biología, se produce una ruptura total con las ideas dominantes. La sistemática era un campo de la biología donde la autoridad del autor era indiscutible. Es así que, un área considerada por algunos autores «un arte» da un vuelco epistemológico total y comienza a producir hipótesis falsables que permiten realizar predicciones, algo que hasta ese momento parecía restringido a las llamadas ciencias duras (Scrocchi y Domínguez, 1992).

Actualmente la sistemática filogenética permite el estudio objetivo de la diversidad biológica y plantea objetivos bien claros que son: a) descubrir y definir taxones, b) inferir relaciones entre ellos es decir, proponer hipótesis sobre las relaciones filogenéticas (de parentesco) entre especies y grupos de especies, c) elaborar clasificaciones que reflejen las relaciones evolutivas entre los taxones y d) explicar las distribuciones de las especies en el mundo.

En este sentido, Mayr (1987), propuso dos campos de acción de la sistemática: la Microtaxonomía (sistemática alfa), que se ocupa de identificar, describir y delimitar las especies, y la Macro taxonomía (sistemática beta) cuya finalidad es construir clasificaciones de los taxones. Los objetivos atienden a: reconocer, describir y nominar a las especies y a los taxones supraespecíficos; construir clasificaciones jerárquicas con alto contenido heurístico y valor explicativo; reconstruir la historia evolutiva de los organismos a partir de las evidencias que brindan los caracteres y realizar desarrollos metodológicos y; elaborar desarrollos teóricos para ser aplicados en el análisis filogenético.

Uno de los retos en la biología evolutiva: la reconstrucción del árbol de la vida

A finales del siglo XVIII en un mundo en donde no existía el concepto de evolución sino el de creación, Linneo propuso un sistema para su clasificación jerárquica inclusiva (artificial) que agrupaba a los organismos por su afinidad. A partir del descubrimiento de la historicidad de la

naturaleza realizado por Darwin, se produce una ruptura epistemológica, planteándose uno de los dilemas más apasionantes de las clasificaciones: el de representar sólo las relaciones naturales expresadas por caracteres compartidos. El naturalista, a partir de sus detallados estudios de la diversidad de las formas de vida que observó durante su extenso viaje alrededor del mundo, arribó a la conclusión de que todas las especies derivan de una especie ancestral. Acorde a este razonamiento todos los organismos existentes y extinguidos derivarían de un único organismo. Es más, en su libro *El origen de las especies* incluyó la imagen de un árbol que incorpora las relaciones entre ancestros-descendientes, rompiendo con la *scala naturae* al indicar que las clasificaciones deben expresar las relaciones genealógicas entre los taxones (Figura 1). Es tan fuerte esta idea que

nos lleva a pensar: ¿de qué modo se hallan emparentados los organismos?, ¿cómo se establecen las diferencias y semejanzas entre ellos?, ¿quién es hermano de quién? Las posibles respuestas a estos interrogantes son solo hipótesis reflejadas en diagramas de relaciones en forma de árbol.

La representación de los resultados de la evolución biológica utilizando como modelo la imagen de un árbol con sus ramificaciones ha variado a lo largo del tiempo (Haeckel, 1866; Wittaker, 1959; Woese, 1972; Woese, 1990; Cavallier-Smith, 1998; Telford and Littlewood, 2009). Esos cambios, incluyen no solo su apariencia, sino también a los métodos empleados para su reconstrucción. En la

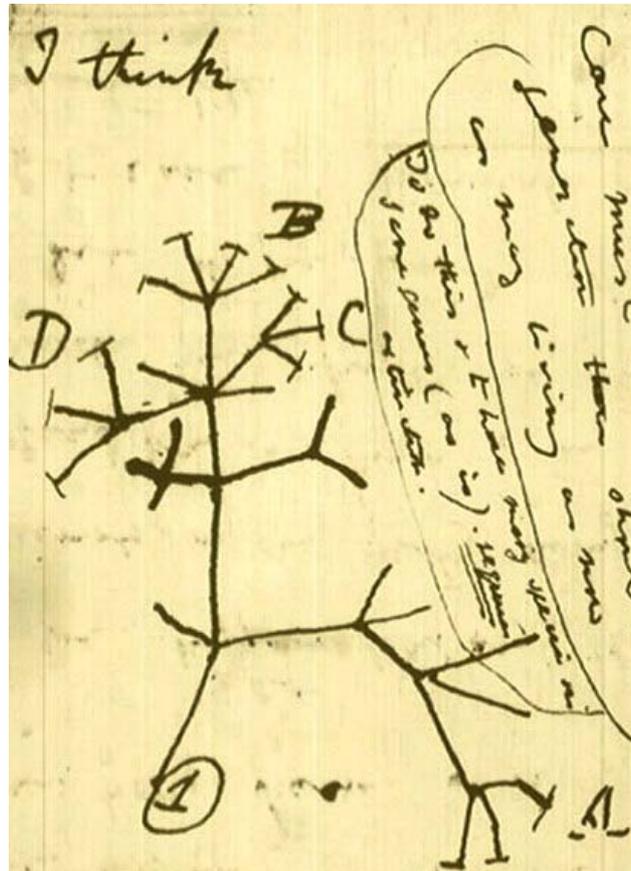


Figura 1. Diagrama de Darwin en forma de árbol que sintetiza su pensamiento acerca de la descendencia con modificaciones y relaciones genealógicas de las especies. Fuente: Cuaderno B de *Transmutations of species* (1837).

actualidad son muchos los científicos que participan en el diseño de distintas ramas y que tratan de entender el patrón de las raíces; cada rama o raíz, y el árbol en su totalidad, son hipótesis sujetas a permanentes modificaciones y ajustes. De todos modos se podría decir que este conjunto de personas están embarcadas en un ambicioso proyecto: «El árbol de la vida en la red» (Spivak, 2006). De ahí que, el **Proyecto del árbol de la vida***, reúne información en Internet acerca de la diversidad de seres vivos de la Tierra, su historia y características relacionando dicha información mediante el análisis filogenético y expresado mediante cladogramas. Esta base de datos de libre acceso, se comenzó a desarrollar a partir de 1994 y su fundación oficial fue en 1996. Más de 540 biólogos de 35 países, expertos en algún grupo de organismos, participan de este desarrollo. Los objetivos plantean documentar todas las especies existentes, expresar sus relaciones evolutivas mediante clasificaciones filogenéticas y compartir esta información con otras bases de datos; así como fomentar la comprensión y estudio de la biodiversidad, la evolución y distribución de las especies. El objetivo final es lograr un árbol con el mayor nivel de resolución posible, accesible a todos a través de Internet.

Éste es el principio de la Cladística o Sistemática Filogenética, disciplina que ha revolucionado los métodos modernos de clasificación del mundo orgánico. Señala que las clasificaciones deben reflejar la filogenia de los grupos de organismos, es decir, representar el orden natural o patrón de relaciones genealógicas de los taxones. La cladística, desarrolló diversos algoritmos matemáticos para la reconstrucción filogenética cuyos resultados se expresan gráficamente en diagramas arborescentes denominados cladogramas, los cuales representan relaciones de parentesco entre taxones debidas a la presencia de un antecesor común (Lanteri y otros, 2004). Por otra parte, aporta información relevante para el desarrollo de otras disciplinas biológicas puesto que la mayoría de ellas requiere la clasificación y correcta identificación de los organismos que estudia. En este sentido, el destacado avance de la biología molecular durante los últimos 30 años tuvo un gran impacto sobre la biología en general y sobre la sistemática, en particular. El aumento de publicaciones (*Systematic Biology, Molecular Biology and Evolution, Zootaxa*, entre otras) referidas a la reconstrucción filogenética basada en datos de ADN ha sido significativo y en general éstas incluyen trabajos con estudios de evidencia molecular.

Entre las ventajas de los datos moleculares cabe señalar que permiten estudiar claramente el genoma del organismo y secuenciar genomas completos, sumado a las posibilidades que hoy brindan las herramientas bioinformáticas en este campo, lo cual aporta a la reconstrucción filogenética. Aún resta un largo camino por recorrer, a 150 años de que Darwin conjeturara la evolución de la vida en forma de árbol, es viable apreciar que la tarea de comprender las

interrelaciones entre las especies es posible. Sin lugar a dudas, los resultados son alentadores y, por otra parte claves para entender cómo se genera y se mantiene la biodiversidad y trabajar para preservarla.

Si bien el análisis cladístico metodológicamente, como señaláramos líneas arriba, opera a través de hipótesis, esto no implica simplemente «aprender una técnica» sino que trata de internalizar cuestiones más amplias que incluyen a la epistemología, la historia y la sociología de la ciencia.

Presente y futuro de la sistemática en el currículo. Un giro imprescindible

Si atendemos a los diseños curriculares de los distintos niveles del sistema educativo podemos observar que delimitan y explicitan un marco general de política curricular que orienta *las decisiones de los distintos niveles en lo relativo a las definiciones curriculares y la organización institucional* (Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires, 2007) avanzando en la definición, entre otros aspectos, de los contenidos básicos a enseñar. Por otra parte, si consideramos que el programa de una asignatura es un documento que aspira a regular la práctica docente y que más allá de instituirse en un manuscrito formal, debe constituir un instrumento para organizar la propuesta de enseñanza y el contrato didáctico que se establece al inicio de la cursada de la materia; es competencia del docente revisar este diseño, así como el mapa curricular institucional, las estrategias, actividades y la evaluación en término de aprendizajes logrados. Esta función organizadora del programa, está relacionada con la heterogeneidad de los alumnos y con la necesidad que tienen éstos de compartir conocimientos, de reconocer qué son y cómo se elaboran, qué características poseen, cómo cambian en el tiempo, cómo influyen y son influenciados por la sociedad y la cultura; en suma, que puedan diferenciar, comprender y analizar la información, contextualizándola en el ámbito del conocimiento y estos se conviertan en saberes fundamentados, diferentes de otras producciones y emprendimientos humanos.

Si analizamos las propuestas curriculares jurisdiccionales vinculadas al estudio de la biodiversidad, observamos que incluyen explícitamente la diversidad de los organismos y su clasificación. El Diseño Básico de la Educación Secundaria de la Provincia de Córdoba para 2^{do} año de Biología del Área Ciencias Naturales (2011), a modo de ejemplo, incluye como aprendizajes y contenidos a enseñar: *la identificación e interpretación de algunos criterios para clasificar a los seres vivos en dominios, reinos con ayuda de claves, dibujos, y/o fotografías; el reconocimiento de la importancia de la biodiversidad en diferentes campos (medicina, nutrición, etc.); así como el conocimiento y análisis de la biodiversidad como resultado de cambios producidos en los seres*

* <http://www.ucmp.berkeley.edu/clad/clad4.html>

vivos y la búsqueda de explicaciones a la importancia de su preservación desde los puntos de vista ecológicos y evolutivos. Aún así, es importante resaltar que gran parte de sus aspectos prácticos se siguen desarrollando de acuerdo a las normas establecidas por Linneo en el siglo XVIII. Por lo cual, nos preguntamos si los diseños jurisdiccionales a la hora de elaborar las planificaciones o programas de las asignaturas, ¿posibilitarán al docente comprender el sistema Linneano y utilizar criterios para clasificar a los seres vivos?, ¿cuál es la fundamentación que ayuda al profesor a reconocer qué es la sistemática actualmente?, ¿para qué sirve?, ¿por qué es importante la sistemática? o ¿cómo se reconstruye el árbol de la vida?

Por consiguiente, consideramos que es necesario dar un giro fundamental en la enseñanza de la biodiversidad en los distintos niveles del sistema educativo y avanzar hacia la sistemática actual, gracias a los notables avances teóricos y metodológicos que la transforman en una verdadera ciencia inclusiva a partir de la cual surgen hipótesis y predicciones sobre las relaciones de parentesco.

Si la sistemática filogenética es el método clasificatorio más robusto utilizado para la reconstrucción filogenética de grupos biológicos que utilizan los científicos y que ha empezado a escurrirse a otras disciplinas como la fitogeografía y la conservación biológica, es inevitable adecuar los contenidos, metodologías, materiales y textos al nuevo enfoque. Para ello, es preciso incluir contenidos, producto de la reflexión interdisciplinaria de historiadores, filósofos y sociólogos ausentes en los programas tradicionales, rompiendo de esta forma la concepción que inculca, conceptos y procesos de la ciencia que aparecen bien definidos y delimitados especialmente como una ciencia acabada (Vázquez y otros, 2001).

El conocimiento de la sistemática es hipotético, provisional, sujeto a cambios, empíricamente fundamentado (derivado de observaciones del mundo natural), parcialmente subjetivo (cargado de teoría), cuya construcción requiere de inferencias razonamientos, imaginación y creatividad. En este sentido, cobran especial relevancia los aportes de Adúriz-Bravo (2010), cuando nos invita a repensar la educación científica a partir de los aportes de la epistemología, la historia de la ciencia y la sociología de la ciencia. Estas disciplinas llamadas metaciencias, contribuyen de maneras diversas y eficaces a la enseñanza de las ciencias naturales en los distintos niveles del sistema educativo, como así también en diferentes instancias de la enseñanza no formal.

Atento a ello, es viable estudiar la sistemática a partir de estas metaciencias. De manera que hemos de atender a tres ejes: epistemológico, histórico y sociológico. Si pensamos que el *eje epistemológico* apunta a determinar qué son las clasificaciones y cómo se elaboran, el *histórico*

intenta responder a la pregunta de cómo cambian en el tiempo y el *sociológico*, caracteriza cómo éstas se relacionan con la sociedad y la cultura; adherimos al reconocimiento consensuado de que estos tres ejes pueden contribuir de maneras muy diversas y potentes a la enseñanza. Ellos facilitan la reestructuración de los currículos del área de ciencias naturales al permitir reconocer los modelos «estructurantes» de cada disciplina, proporcionan una reflexión crítica sobre qué es el conocimiento científico y cómo se elabora, admiten comprender mejor los alcances y límites de la ciencia como producto y como proceso, proveen herramientas de pensamiento y de discurso rigurosas (como la lógica y la argumentación) y revelan que las ciencias son parte del acervo cultural humano y del patrimonio colectivo transmitido a las nuevas generaciones.

Aportes al desarrollo didáctico del Eje Epistemológico

La epistemología es la disciplina científica que estudia qué son las ciencias, cómo se elaboran, qué diferencias tienen con otras formas de conocimiento, cuáles son las características del discurso científico, cómo se produce el cambio conceptual en ciencias, qué valores se sustentan en la ciencia de cada momento. Atender a ella, facilita la estructuración de los currículos del área de ciencias naturales, al consentir identificar los modelos fundamentales de cada disciplina (Adúriz Bravo, 2005).

Si atendemos al eje epistemológico, se lo puede afrontar desde la potencialidad que ofrece el cine, entre otros recursos didácticos, para ir más allá de los conceptos específicos de cada disciplina e introducir ideas de «metaciencia», así como nociones acerca de la naturaleza de la ciencia como cuerpo de conocimientos y como modo de generar dicho conocimiento. La proyección de películas, admite trabajar con los alumnos tanto contenidos de ciencia como contenidos acerca de la ciencia, buscando resolver actividades interactivas previas y posteriores a la misma. A modo de ejemplo, sugerimos algunas propuestas que pueden ser enriquecidas por el lector. Una posibilidad es que durante una determinada proyección, entre fragmento y fragmento, se pueden incluir breves explicaciones acerca de conceptos trabajados o a desarrollar en clase, así como datos significativos del contexto tales como tecnologías, lenguajes, procesos de elaboración, roles, etc. En este sentido, estos fragmentos se pueden contextualizar teniendo en cuenta quiénes, cuándo y bajo qué circunstancias se ejecutan; considerar el tipo de relatos que se construye, la riqueza estética o los puntos de vista que proponen o permiten que el análisis sea más fructífero (Levin, 2010).

Como primera actividad es dable definir la problemática sobre la que versará la película

es decir: ¿qué pretendemos explicar? Por ejemplo, si lo que queremos relatar es «*el árbol de la vida*» y su origen, es preciso situar esta problemática y analizar su pertinencia para la realidad local en la que vamos a presentar la proyección, así como para el ámbito educativo en el que trabajamos.

En esta etapa consideramos adecuado, entre otras, la proyección del documental «Charles Darwin y el árbol de la vida», producido por la BBC y presentado por David Attenborough (2009), para conmemorar el bicentenario del nacimiento de Darwin. Esta sugerencia la fundamentamos a partir de que en este documental se realiza una descripción del desarrollo de su teoría a través de las observaciones de animales y plantas en la naturaleza y en cautividad que efectuara en su largo viaje y reconstruye, por otra parte, sitios importantes de su vida, entre ellos: la Down House, la Universidad de Cambridge y el Museo de Historia Natural, y que viabilizan utilizar imágenes de archivo de los museos de Historia Natural. Las escenas muestran claramente los cambios en las formas de pensamiento acerca del origen de los organismos a lo largo del tiempo, en diferentes momentos históricos. El cine resulta así, un recurso didáctico útil para explicar la teoría de la evolución y su relación con el árbol de la vida. Los relatos y las imágenes invitan a conocer el mundo y qué lugar ocupamos en él.

De este modo, los debates que se originan permiten recuperar conceptos, analizar casos o simplemente relatar las evidencias que llevaron a los investigadores a formular determinada teoría o bien las hipótesis alternativas que estaban en juego acerca de la explicación de la distribución de los organismos y sus clasificaciones. Asimismo, posibilitan a los estudiantes *descubrir un fabuloso mundo creativo en el que los contenidos curriculares se mezclan, pero donde se aprende, como en la vida, de todo un poco. La labor de los profesores no es aquí menos importante: orientar y sistematizar todo el proceso desde una óptica didáctica y constructiva* (Aguaded y Martínez-Salanova, 1998).

En una segunda etapa, proponemos analizar el documental en clase en forma conjunta, alternando con explicaciones del docente y preguntas divergentes que permitan acicatear el pensamiento; por ejemplo: ¿cómo consideran el proceso y el producto del árbol de la vida?, ¿es posible señalar qué características tiene el conocimiento sistemático y la actividad científica de los taxónomos?, ¿qué entidades distinguen a la sistemática de otros tipos de conocimiento?, ¿cuál es la importancia de los museos?, ¿cómo se puede explicar la diversidad de formas y hábitos de los seres vivos?, entre otras. De manera que faciliten con posterioridad, analizar y debatir las conclusiones obtenidas por los grupos de trabajo, así como las respectivas intervenciones del docente para consolidar aprendizajes significativos.

A modo de cierre, es posible solicitar a los alumnos que citen a científicos argentinos que están trabajando sobre el tema en cuestión y comenten investigaciones que se realizan en la institución educativa a la que asisten, vinculadas a temáticas relacionadas con la sistemática.

Acerca del desarrollo didáctico del Eje Histórico

La historia de la ciencia nos ofrece posibilidades de transferir aspectos de la cultura que creemos significativos para las nuevas generaciones. En esa transmisión, los relatos en general, promueven el deseo de saber, brindan conocimientos, ayudan a la memoria y a la imaginación y desarrollan razones que guíen la propia conducta (Gellón, 2010).

La lectura de textos que promuevan el análisis de la problemática de las clasificaciones, permite comprender que las decisiones se toman en base a valores personales, sociales y culturales. Además, implica la búsqueda de información y la puesta en juego de habilidades cognitivas diversas, tales como: observar, describir, dudar, justificar, realizar, compartir, debatir, etc. El objetivo de esta lectura, es que los alumnos en forma individual escriban un manuscrito de no más de tres páginas, el cual con ejemplos y experiencias logre explicar y fundamentar la clasificación de los animales en distintos tiempos históricos.

En este sentido, recomendamos la lectura de: *Los progresos del conocimiento y la clasificación de los seres vivos* (Guyenot, 1956), *El árbol de la vida: Una representación de la evolución y la evolución de una representación* (Spivak, 2006), o bien *¿Catedrales de ciencias o templos del saber? Los museos de Ciencias Naturales de Córdoba, Argentina a finales del siglo XIX*. (Tognetti, 2001). Cualquiera de las obras citadas ofrecen interesantes relatos puesto que acercan a los estudiantes a las ideas, conocimientos y fantasías antiguas que les permiten pensar en los cambios que éstas sufrieron a lo largo del tiempo, brindan la oportunidad de analizar la problemática de las clasificaciones y establecer secuencias de actividades acordes al desarrollo de sus ideas. Es importante recordar que la lógica de la secuencia de construcción de una idea por un estudiante puede reflejar la lógica de la construcción de un determinado concepto a lo largo de la historia de la ciencia.

Para ello, se puede prever una actividad en la cual cada alumno realice independientemente una lectura general de los trabajos citados líneas arriba, de modo que le brinden información sobre los contenidos que éstos presentan; luego en clase y a partir de ella, alternar con las explicaciones del docente. Para favorecer su comprensión, han de pensar ejemplos objetos de estudio de la sistemática y escribirlos en el pizarrón. Otra propuesta, es presentar algunas preguntas intercaladas con la lectura del relato: ¿cómo cambia el

conocimiento científico sobre clasificaciones en cada época histórica?, ¿cuáles son las «unidades» que se alteran o sustituyen (conceptos, teorías, modelos, paradigmas)? Esta modalidad admite orientar la atención hacia conceptos fundamentales, puesto que consiente seleccionar las palabras claves, ideas, agregar ejemplos, trabajarlos oralmente y por escrito; por otra parte, favorece las reformulaciones, las preguntas, el planteamiento de dudas, las explicaciones de los alumnos, así como las preguntas y solicitudes del profesor que se van desentrañando conjuntamente y permiten que salgan a la luz sus conocimientos.

A partir de los resultados de las actividades anteriores y como síntesis final, planteamos que escriban una crónica donde incluyan ejemplos y experiencias, expliquen y fundamenten las distintas clasificaciones a lo largo del tiempo, destaquen el rol de los museos, la utilidad de las colecciones científicas y la importancia de los cladogramas.

El eje sociológico también está presente

El crecimiento de la población, el desarrollo de las ciudades y el progreso tecnológico han ocasionado la pérdida de los ambientes naturales derivados de la explotación incorrecta de los recursos naturales y de la contaminación ambiental. Dada la gravedad del problema es interesante reflexionar acerca de estas pérdidas y sus consecuencias como espejos de nuestra época y relacionarlas con las tareas de la sistemática biológica y la educación (Crisci, 2001).

La fauna silvestre de la provincia de Córdoba, como la de Argentina y el mundo, se encuentra en franco retroceso. Esta es una realidad insoslayable, que toda política ambiental debe tener presente. En este contexto, los sistemas de clasificación son significativos por diversas razones, entre ellas mejoran la capacidad para reconocer la importancia de las clasificaciones, para desarrollar métodos de control de la biodiversidad, son útiles como predictores, ayudan a diseñar métodos de control de especies y proporcionan un sistema de rastreo de los cambios operados en el ambiente.

Por consiguiente, es interesante partir del estudio de la biodiversidad local: el jardín de la escuela, un parque, un lago o bien un río cercano al lugar donde vivimos. Es imprescindible conocer los ambientes naturales con su fauna y flora para buscar explicaciones acerca de la importancia de la biodiversidad, para protegerlos y divulgar en la población y en los entes gubernamentales y no gubernamentales los métodos de control de especies tal como expresamos líneas arriba.

Es así que, a partir de la búsqueda en Internet de publicaciones referidas a introducción de especies exóticas y a la disminución de la fauna autóctona de una determinada provincia, es interesante analizar y discutir, en pequeños

grupos, los dilemas éticos y sociales que surgen en consecuencia. Este tipo de actividades procuran que los alumnos aprendan a valorar la biodiversidad, la sistemática y a comunicar la información utilizando conceptos sistemáticos. Por otra parte, contribuyen a que la comunidad asuma un compromiso mayor para la implementación exitosa de medidas de conservación y manejo.

Como cierre, puede resultar adecuado contestar por escrito a distintos interrogantes planteados por el profesor, tales como: ¿en qué aspectos piensas que cambió tu visión acerca de la sistemática luego del ciclo de cine, la lectura y el análisis de textos?; si tuvieras que explicarle a otra persona de qué se trata la sistemática, ¿qué le dirías?

A modo de conclusión: ¿Para qué enseñar Sistemática?

Es evidente que la pérdida de la biodiversidad se acelera cada vez más, produciendo la transformación de ecosistemas naturales producto de la actividad humana. Las explosiones nucleares, los incendios, los derrames de petróleo, el calentamiento global, los desequilibrios del ciclo del nitrógeno, la deforestación con fines madereros o para abrir tierras agrícolas y la construcción de obras civiles transforman los hábitats naturales que se caracterizan por ser complejos y diversos, en hábitats biológicamente degradados e inhóspitos para la mayoría de la vida.

Por tanto, resulta necesario concienciar acerca del peligro que implican estas acciones, a través de la enseñanza de la sistemática a los jóvenes, ya que ellos juegan un papel fundamental en la conservación activa y constructiva de la biodiversidad puesto que la sistemática, es una herramienta básica para su estudio. La enseñanza debe estar basada en problemas actuales, que demuestren el

Glosario

Anagénesis: indica la cantidad de cambios en los linajes evolutivos descendientes.

Apomorfia: carácter derivado de nueva formación que no se comparte con la especie ancestral.

Bifurcación: es un nodo en un árbol que conecta exactamente tres ramas. Si el árbol es dirigido (*rooted*) entonces una de las ramas representa un linaje ancestral y las otras ramas los linajes descendientes.

Carácter: se refiere a cualquier tipo de propiedad observable, sean estas fisiológicas, ecológicas, etológicas, bioquímicas, etc.

Cladismo: metodología aplicada por la sistemática filogenética que busca reconstruir las genealogías de los organismos y elaborar clasificaciones que las reflejen.

Cladogénesis: es la división espacial o geográfica de linajes, lo que se denomina generalmente especiación. Un linaje evolutivo se divide en dos o más simultáneamente y a partir de ese momento estos nuevos linajes tienen una historia evolutiva propia y diferente.

Clado: los taxones unidos por sinapomorfías constituyen un clado.

Cladogramas: esquema dicotómico que representa el mapa de los caracteres.

Filogenia: historia evolutiva de un grupo de taxa. Es un ordenamiento de relaciones anidadas y jerárquicas.

Monofilético: grupo que incluye a todos los descendientes de un ancestro común.

Nodo: el punto donde una rama se bifurca en dos ramas distintas.

Parafilético: cuando un grupo no incluye algunos de los descendientes del ancestro común.

Polifilético: grupo integrado por los descendientes de distintas líneas ancestrales.

Sinapomorfía: apomorfía compartida entre taxa.

Sistemática filogenética: es la sistemática basada en la clasificación mediante las relaciones entre taxones monofiléticos. Se busca la secuencia de transformaciones de estados plesiomorfos a apomorfos.

Taxón: grupo de organismos a los que se les da un nombre. Hay dos tipos de taxones: los naturales y los artificiales

Taxón natural: grupo de organismos que existe en la naturaleza. Se refiere a cualquier grupo de organismos monofiléticos.

Taxón artificial: el que no existe en la naturaleza. Se refiere a grupos de organismos no monofiléticos.

Referencias Bibliográficas

Attenborough, D. 2009. *Charles Darwin y el Árbol de la Vida*. Documental BBC Darwin Season. Disponible en: <http://www.youtube.com/watch?v=xCLsOGVLYgg>

Adúriz-Bravo, A. 2010. Reflexiones acerca de la naturaleza de la Ciencia: un aporte para una educación científica de calidad para todos y todas. *Curso Enseñanza de las Ciencias*, pp. 1-21.

Adúriz Bravo, A. 2005. *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Fondo de Cultura Económica. Bs. As.

Aguaded, J. I. y Martínez-Salanova, E. 1998. *Medios, recursos y tecnología didáctica para la formación profesional ocupacional*. Huelva: Facep.

Cavallier-Smith, T. 1998. A revised six-kingdom system of life. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. Cambridge University Press. Vol. 73, pp. 203-266.

Crisci, J. C. 2006. Espejos de nuestra época biodiversidad, sistemática y educación. *Gayana Bot.* Vol. 63, N° 1, pp. 106-114. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0717-664320060001&lng=es&nrm=iso

Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires. 2007. *Marco General de Política Curricular. Niveles y Modalidades del Sistema Educativo*. Buenos Aires. Argentina.

Diseño Curricular. *Ciclo Básico de la educación Secundaria. 2011-2015*. Tomo 2. Secretaría de Educación. Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba.

Gellon, G. 2010. La historia de la ciencia como recurso educativo. *Curso Enseñanza de las Ciencias*, pp. 1-15.

Guyenot, E. 1956. *Los progresos en el conocimiento y la clasificación de los seres vivientes*. (Henri Berr, dir.) Mexico: Uteha.

Guyenot, E. 1956. *La botánica y los métodos artificiales. En: Los progresos en el conocimiento y la clasificación de los seres vivientes*. (Henri Berr, dir.) Tomo C: 5-37. México: Uteha.

Haeckel, E. 1866. *Generelle Morphologie der Organismen: allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte Descendenz-Theorie. Allgemeine Anatomie der Organismen*. Vol. 1. Berlin: Reimer.

Lanteri, A. A. y otros. 2004. *Sistemática biológica: Generalidades y conceptos básicos*. En Lanteri, A. A y Cigliano, M. (editoras). *Sistemática Biológica: fundamentos teóricos y ejercitaciones*. La Plata: Edulp.

Levin, L. 2010. Cine, ciencia y trabajo pedagógico: un encuentro posible. *Curso Enseñanza de las Ciencias*, pp. 1-19.

Mayr, E. 1988. *Toward a New Philosophy of Biology: Observations of an Evolutionist*. Nueva York: Harvard University Press.

Scrocchi, G y Domínguez, E. 1992. Introducción a las Escuelas de Sistemática y Biogeografía. *Opera Lilloana*. N° 40. Fundación Miguel Lillo.

Spivak, E. 2006. *El árbol de la vida. Una representación de la evolución y la evolución de una representación. Ciencia Hoy*. Vol. 16, N° 91. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/60089676/spivak-2006-el-arbol-de-la-vida>

Telford, J. M y Littlewood, D. T. J. 2009. *Animal Evolution—Genomes, Fossils, and Trees*. New York, NY: Oxford University Press.

Tognetti, L. 2001. ¿Catedrales de ciencias o templos del saber? Los museos de Ciencias Naturales de Córdoba, Argentina a finales del siglo XIX. *Historia, Ciencias, Saúde-Manguinhos*. Vol 8, N° 1, pp. 35-47. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0104-597020010002&lng=en&nrm=iso

Vázquez, A. y otros. 2001. Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*. Vol. 4, pp. 135-176.

Wittaker, R. H. 1959. On the broad classification of organisms. *The Quarterly Review of Biology*. Vol. 34, N° 3, pp. 210-216. The University of Chicago Press.

Woese, C. R. 1972. Evolution of nucleic acid replication: The possible role of simple repeating sequence polypeptides therein. *Journal of Molecular Evolution* Vol. 2, N° 2-3 (1973), pp. 205-208, DOI: 10.1007/BF01654001.

Woese, C. R. y otros. 1990. Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. Vol. 87, N° 12, pp. 4576-4579.