Educación Científica y Evolutiva en Chile: Problemas Funcionales y Conflictos entre Enseñar y Aprender

Science and Evolution Education in Chile: Functional Problems and Conflicts between Teaching and Learning

PATRICIO A. CAMUS

Departamento de Ecología Costera, Facultad de Ciencias,
Universidad Católica de la Santísima Concepción, Casilla 297, Concepción, Chile
Center for Advanced Studies in Ecology & Biodiversity
E-mail: pcamus@ucsc.cl

RESUMEN

En Chile, la educación media (secundaria) y universitaria de pregrado, y la conexión entre ellas, son los puntos más sensibles de la educación científica en biología y evolución, que estuvo seriamente deprimida hacia fines del siglo XX. No obstante, hoy enfrentamos un escenario de transición favorable donde convergen tres factores capaces de potenciar la alfabetización biológica en sentido amplio: un nuevo currículum secundario que incluye un fuerte componente biológico, con énfasis en evolución y ecología; una reactivación de la formación pedagógica a nivel universitario; y un desarrollo científico creciente en el área de biología evolutiva. Sin embargo, estos factores aún están conectados débilmente, y su mejor articulación podría contribuir a mejorar significativamente la retroalimentación entre los componentes del sistema educativo, y a resolver algunos conflictos dialécticos entre enseñar y aprender que se generan en diferentes niveles jerárquicos del mismo sistema. El reforzamiento de la interdisciplinariedad entre biología y pedagogía en la formación de nuevos profesores sería un factor clave, ya que el profesor secundario parece ser la piedra angular del sistema educativo, además de jugar un rol crucial en la formación inicial de los futuros científicos.

PALABRAS CLAVE: Alfabetismo científico, biología, currículum, enseñanza media, pedagogía.

ABSTRACT

In Chile, high school (secondary) and university undergraduate levels, and their connection, are the most sensitive points of science education in biology and evolution, which was seriously depressed at the end of the 20th century. Nonetheless, we face today a favourable transitional scenario where three converging factors are able to foster science literacy in a wide sense: a new high school curriculum including a strong biological component, with emphasis on evolution and ecology; a reactivation of university formation of secondary pedagogues; and a growing scientific development in the field of evolutionary biology. However, these factors are still weakly connected, and strengthening their articulation might improve significantly the feedback between all components of the Chilean educational system, helping to solve some dialectic conflicts between teaching and learning that originate at different hierarchical levels of the same system. The reinforcement of interdisciplinarity between biology and pedagogy in the process of formation of new teachers would be a key factor, because the high school teacher turns to be the cornerstone of the educational system, in addition playing a crucial role in the initial formation of the future scientists.

KEYWORDS: Biology, curriculum, high school, pedagogy, science literacy.

INTRODUCCIÓN

La educación en evolución y ecología en Chile tiene una trayectoria larga aunque heterogénea, derivando entre episodios brillantes, contradictorios, y también oscuros. La asimilación de las ideas de Darwin y del pensamiento evolutivo en el sistema universitario comenzó pocos años después de la publicación de “El Origen de las Especies”, con poco cuestionamiento de sectores creacionistas (aunque hubo víctimas notables; véase Castro *et al.* 2006), y favorecida por los aportes destacados de numerosos naturalistas chilenos y europeos hasta las primeras décadas del siglo XX (Manríquez & Rothhammer 1997; Medel 2008). Paradójicamente, mientras este gran auge inicial lograba la instalación formal de la evolución en el programa educativo de secundaria en 1902, los sectores católicos y conservadores influían progresivamente en la producción y contenido de los libros de texto, lo que desde 1969 a 1984 se tradujo en la virtual desaparición de los tópicos evolutivos (Medel 2008). Por otra parte, y en paralelo al fuerte desarrollo de las ciencias ecológicas en las últimas décadas del siglo XX, fue también paradójico que los programas escolares se vieran empobrecidos en sus contenidos ecológicos, plagándose de aspectos triviales, poco actualizados, y desconectados del ámbito evolutivo. A esto se suma la fuerte intervención del régimen militar en el sistema educativo entre 1973 y 1990, de la que basta citar dos factores clave. Uno fue el desarrollo de un currículum secundario científico-humanista fundado en una noción de humanismo cristiano definida en la “Declaración de Principios de la Junta de Gobierno y el Objetivo Nacional de Chile” (PIIE 1984), sin cabida para el pensamiento evolutivo. Este currículum fue concebido como preparación para el ingreso a la universidad y al mercado de trabajo, incorporando el principio de flexibilidad educativa como la opción de adecuar la formación del cuerpo profesional y laboral a las necesidades del mercado y el desarrollo económico (PIIE 1984). Otro factor fue la exclusión de la pedagogía, en 1981, del grupo de 12 carreras que debían dictarse sólo en las universidades, lo que concentró la formación docente en institutos profesionales y academias con escasos vínculos con el ámbito universitario y poco espacio para la investigación, con lo cual el educador quedó definido implícitamente como un técnico instructor (PIIE 1984). Por ello, el profesor secundario formado en esa época no tenía

la obligación de enseñar evolución, ni la necesidad de aprenderla, pero tampoco muchas posibilidades de adquirir una formación en el área.

Consecuentemente, el estado de la enseñanza secundaria científica y evolutiva en la educación chilena en la penúltima década del siglo XX podría describirse como anticuado y disfuncional, con objetivos y contenidos afectados por sesgos y distorsiones, desvinculado de la educación superior, y con escasa utilidad para la vida en general. Posteriormente, sin embargo, varias situaciones han contribuido a generar un escenario propicio para potenciar la educación en evolución y ecología en todos los niveles, entre ellas: (a) la promulgación en 1991 del “Estatuto Docente” (Núñez 2002), que reivindicó el carácter universitario de la formación docente, reconociéndola como alcanzable sólo a nivel superior; (b) la promulgación en 1998 de un nuevo marco curricular para la educación media (MINEDUC 1998), que modificó y actualizó significativamente los objetivos y contenidos del marco anterior; y (c) el creciente impulso de la investigación y formación universitaria en biología evolutiva (en sentido amplio) en Chile en los últimos años (Medel 2008), que optimiza la capacidad científica biológica ya instalada en las universidades. La eventual articulación entre estos tres ámbitos sería clave para mejorar algunos problemas en la formación de estudiantes secundarios, biólogos y profesores de biología, que hoy estarían débilmente conectados, y en algunos casos incluso en conflicto. En este contexto, el presente ensayo discute algunos problemas críticos en la enseñanza y aprendizaje de la evolución y áreas relacionadas, analizando aspectos básicos de la situación actual en la formación biológica a nivel secundario y universitario. Este flujo se muestra esquemáticamente en la Figura 1, cuyos componentes, relaciones e implicancias se analizarán a través de las distintas secciones.

EL ANALFABETISMO CIENTÍFICO COMO CAUSA Y EFECTO

La expresión analfabetismo científico alude a la incomprensión (o comprensión insuficiente o errada) de la ciencia en cuanto a su naturaleza, procedimientos, teorías, fenómenos de estudio, y conocimientos derivados, así como de su interrelación con otras dimensiones del conocimiento y la cultura,

FIGURA 1. Formación biológica a nivel secundario y terciario (pregrado) en la educación chilena: Los estudiantes secundarios ingresan a la universidad para obtener un grado y/o título en una carrera científica (biólogo) o pedagógica (pedagogo en biología). Las flechas continuas indican los responsables de la enseñanza biológica en cada nivel y carrera: los científicos profesionales entrenan tanto al biólogo (en todos los aspectos pertinentes) como al pedagogo en biología (en un número variable de cursos disciplinares), y la formación secundaria recae mayoritariamente en pedagogos en ciencias naturales y/o biología. Las flechas punteadas con interrogantes indican la escasa participación de científicos en la formación secundaria, y la escasa interacción entre científicos y pedagogos en la formación de nuevos docentes (véase el texto para explicaciones de los problemas y conflictos existentes).

FIGURE 1. Biological formation at secondary (high school) and tertiary (undergraduate) levels in Chilean education. Secondary students enter universities to obtain a degree and/or title in a scientific (biologist) or pedagogic (pedagogue in biology) career. Solid arrows indicate those responsible for biological teaching at each level and career: professional scientists train both biologists (in all pertinent aspects) and pedagogues (through a variable number of disciplinary courses), while secondary teaching relies almost entirely on pedagogues in natural sciences and/or biology. Dotted arrows carrying question marks indicate the scarce participation of scientists in secondary teaching, and the scarce interaction between scientists and pedagogues in the formation of new teachers (see the text for explanations on the existing problems and conflicts).

y sus implicancias en ámbitos relevantes para el funcionamiento y desarrollo de la sociedad. Por ello, la alfabetización es condición necesaria para satisfacer tanto las demandas como expectativas de participación y desenvolvimiento de la persona en la sociedad. No obstante, la alfabetización no

implica un estándar fijo o único, ni se limita sólo a poder comprender información científica básica, y una expectativa general es que toda persona logre asimilar habilidades y formas de razonar derivadas del conocimiento sobre los modos de operar de la ciencia, a fin de aplicarlas a otros ámbitos de su vida cotidiana (e.g., para análisis sobre tipos, niveles y contextos del alfabetismo, véase AAAS 1990, Cabral 2001). Sin duda los educadores científicos en cualquier nivel deben superar esta expectativa según su ámbito particular de desempeño, y alcanzar lo que en la práctica podrían considerarse estándares superiores de alfabetización disciplinaria. Tales estándares están de hecho implícitos en la práctica científica en distintos contextos y niveles (e.g., el rol de par, nivel de suficiencia en un examen de grado o candidatura, características de un perfil de egreso, requerimientos para actuar como director de tesis o encargado de un curso, etc.). Por tanto, los profesores formados para enseñar biología y evolución en la secundaria también deben poseer tipos y niveles particulares de alfabetismo. Sin embargo, éste suele medirse como manejo de contenidos específicos (conceptos, teorías, datos), una noción muy limitada ya que no evalúa la capacidad más relevante de trascender los contenidos puntuales para situarlos en un marco más amplio, y conectarlos o aplicarlos creativamente a otros marcos (lo cual se usará en adelante como noción general de “competencia”). Este es el tipo de competencias que (idealmente) se espera desarrollar en los alumnos secundarios, lo que no ocurrirá si el profesor no las alcanza primero, lo cual debiera ser un aspecto clave en la formación de nuevos docentes, y en la capacitación (i.e. desarrollo de capacidades) de aquellos ya establecidos (nótese que la sola “actualización” puede ser un aspecto necesario pero insuficiente). Un punto más controversial es si la alfabetización adquirida por el estudiante secundario incluye los aspectos necesarios, suficientes, o *ad hoc*, para permitirle superar las pruebas que determinarán su ingreso a la universidad. Este es un problema instrumental y social amplio que no cabe discutir aquí, salvo dejar una pregunta sobre la coherencia entre los criterios de selección y las competencias que se exigirán al alumno en la formación terciaria y su labor futura (i.e. ¿qué fracción de talentos potenciales para la ciencia o la educación en ciencia podría ser eliminada por esta selección, a pesar de poseer el tipo de alfabetismo que les permitiría un desempeño exitoso?).

Por otra parte, el propio currículum podría ser parte sustancial del problema. En el caso del currículum secundario anterior a 1998, muy deficitario en biología y particularmente en evolución, era inevitable la producción de egresados con un grado importante de analfabetismo (mayor o menor según sus rasgos y contextos individuales). Este egresado verá limitada su capacidad de procesar, interpretar y vincular la información biológica en su vida cotidiana, y de comprender la biología en cuanto a sus limitaciones y posibilidades para informar confiablemente sobre los fenómenos naturales. Más aún, le será difícil entender la naturaleza misma de la evolución y su propia identidad biológica, y esta limitación será una fuente de juicios inadecuados, y una virtual discapacidad para comprender y valorar el mundo natural en general. Este problema continuará afectando al egresado si accede a una formación superior de tipo biológico, y además lo transmitirá a terceros si llega a actuar como formador de nuevos estudiantes, especialmente en secundaria donde el juicio crítico (orientador o corrector) de los pares no está presente con la frecuencia o intensidad que adquiere en el ámbito científico. Al respecto cito un caso anecdótico pero elocuente, que encontré casualmente en Internet en un debate entre estudiantes de postgrado (al parecer de distintos países y no del área biológica) sobre el diseño “inteligente”: uno de ellos señaló que le parecía interesante, pero un amigo le contó que al parecer alguien llamado Darwin había escrito “otra teoría”, por lo cual debería “leer algo de eso” para juzgar si valía la pena. Por más que se elogie su actitud “crítica”, la monumental desinformación e inocencia en esta declaración reflejan graves fallas educativas, pero también un rasgo actual muy notorio en estudiantes de distintos países: la generalizada falta de curiosidad sobre el mundo más allá de la propia esfera personal de importancia (Zeigler 2009). La combinación de esta actitud con cualquier grado de analfabetismo previo será sin duda nefasta, ya que promoverá una retroalimentación positiva muy difícil de revertir. Por ello, la educación científica actual requiere considerar la necesidad de transmitir además valores centrales de la ciencia, como la bondad de la curiosidad, del conocimiento en sí mismo, y del pensamiento abierto resguardado por un nivel vigilante de escepticismo (AAAS 1990; Zeigler 2009).

Especialmente en la educación evolutiva y ecológica,

vale la pena notar que los problemas de los alumnos en muchos países (incluyendo Chile) no se limitan sólo a comprender la teoría, sino también a la percepción de las entidades biológicas y al sentido y perspectiva de los procesos de cambio. Algunos ejemplos de tendencias recurrentes son: una concepción tipológica o antropomórfica de la población y la especie, junto a una seria dificultad para distinguir entre ambos niveles; interpretar las transformaciones evolutivas en sentido lamarckiano; considerar a las plantas como entes no vivos; o interpretar las dinámicas naturales (e.g., procesos de selección natural) en términos antropomórficos, o teleológicos (dirigidos por una necesidad o finalidad) en lugar de teleonómicos (dirección sin finalidad) (véase Bardapurkar 2008; Jiménez 2009). Estos son problemas centrales para el aprendizaje de la evolución y la ecología, y es esencial que el profesor pueda identificarlos y sepa documentarse para trabajar en su solución. No obstante, la misma literatura de referencia (científica y de educación científica) puede ser una causa de confusión (Jiménez 2009), en especial a nivel secundario donde los profesores y alumnos rara vez cuestionarán estas fuentes primarias de conocimiento. De hecho la literatura puede revelar divergencias relevantes y no fácilmente discernibles, abarcando desde marcos interpretativos contrastantes sobre los mismos fenómenos evolutivos (e.g., véase Camus 2000; Medel 2008), hasta información básica de historia natural (que suponemos un “piso” de realidad biológica) involucrando un conjunto heterogéneo de perspectivas metodológicas y epistemológicas (Camus 1999).

DILEMAS PROFESOR-ALUMNO EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA

Sin excusar la eventual indolencia o apatía de los alumnos, buena parte de sus deficiencias formativas nacen en el proceso de transposición didáctica, donde el profesor debe convertir contenidos científicos formales en objetos de enseñanza, para lo cual debe reconocer y abordar los problemas potenciales. En el actual currículum secundario, la mediación entre la dimensión evolutiva y el alumno no es fácil de asumir para el profesor establecido, quien está obligado a tratar varios tópicos mínimos que demandan competencias más allá de lo disciplinario, tales como el análisis e interpretación

de las implicancias científicas y socioculturales de las ideas de Darwin. Por ejemplo, una de las posibles formas de resumir estas implicancias podría ser la siguiente frase (adaptada de Rozzi & Massardo 1999): liberar al ser humano de la creencia que fue creado a semejanza de dios, desplazándolo de su lugar central en la naturaleza, y situándolo en un contexto de vinculación genealógica con las demás especies. Un enunciado complejo como éste puede ser abordado sin mayor dificultad al combinar adecuadamente aspectos científicos y culturales en una perspectiva histórica, pero un tratamiento inadecuado puede llevar fácilmente al conflicto (aunque éste no se exprese abiertamente), al comprometer o transgredir visiones previamente arraigadas. Esto dependerá de que el profesor (secundario o universitario) tenga la capacidad de identificar los elementos clave, dimensionar los sesgos, y articular una interpretación coherente en un plano intersubjetivo, *i.e.* reconociendo el espacio de discusión demarcado por los puntos potenciales de conflicto, y abriéndose paso hacia el marco individual de información y creencias de los alumnos. La transmisión cuidadosa del contexto del enunciado puede así facilitar su asimilación en cada perspectiva individual, o conducir incluso a una visión ética a partir de la conexión entre el ser humano y la naturaleza (Rozzi & Massardo 1999). Una estrategia contrastante es cuando el profesor asume la calidad irrefutable del enunciado, y lo usa como referente para confrontar en forma directa las discordancias (errores o puntos débiles) en la interpretación del alumno, una estrategia que en la práctica no facilita su comprensión ni un cambio de enfoque (Branch & Mead 2008), salvo en el caso improbable de que el alumno maneje todos los criterios y conocimientos pertinentes y sólo necesite reorganizarlos. Llevada al extremo (sin implicar una negligencia explícita del profesor), la estrategia puede culminar simplemente en la imposición directa, reduciendo este o cualquier enunciado a un conjunto de términos y conceptos que deben ser aceptados y aprendidos. En su acepción más literal, este último caso corresponde a la popular noción de “pasar la materia”, que convierte al alumno en un receptor pasivo de información (un rol fácil y cómodo de adoptar, sin que implique la reticencia o negativa explícita a aprender). Nótese que uno de los propósitos del currículum secundario es precisamente centrar el énfasis en el aprendizaje en lugar de la enseñanza tradicional,

básicamente lectiva, para lo cual el profesor necesita aplicar estrategias pedagógicas más eficientes y procedimientos didácticos dinámicos y creativos.

En la práctica, las estrategias que derivan en escenarios fallidos de aprendizaje pueden convertirse en vías eficaces para generar conflictos dialécticos. En el ejemplo sobre el impacto de las ideas de Darwin, un tratamiento equivocado puede llevar a que el alumno no logre percibir las conexiones clave, o que opte por la autoafirmación si ya tiene alguna creencia arraigada, conduciéndolo a disociar el escenario en ideologías no congruentes sobre el ser humano y la naturaleza, una visión escindida que puede continuar reforzándose por los mismos factores que la produjeron. El problema incluso podría pasar desapercibido ya que el conflicto no implica una confrontación explícita entre profesor y alumno, pero es más probable que promueva una actitud pasiva que no exige mayor esfuerzo y evita exhibir las propias debilidades. Estos conflictos también son probables cuando los contenidos curriculares se asocian a nociones o términos ampliamente difundidos y abusados en los medios, cuya familiaridad puede inducir fuertes preconceptos en el alumno o en el profesor. Un ejemplo típico es el “equilibrio de la naturaleza”, que incluso en el ámbito científico solía malentenderse como *una* condición inherente (*i.e.* que surge desde la naturaleza), tendiendo a balancear los componentes de un sistema o restaurar su estabilidad ante una perturbación; como señala Pimm (1988, p. 4), “porque los ecólogos alguna vez imaginaron que podría ser un proceso unitario”, pero que hoy podemos definir y medir como atributos dinámicos que alcanzan distinto grado o sentido en diferentes contextos y escalas de variación. Para algunos sectores ecologistas y del público, cualquier modificación visible (*e.g.*, matar un insecto) no sólo implica una alteración de este “equilibrio”, sino que es evidencia suficiente de su “fragilidad”, y la manipulación reiterada de estas nociones lleva fácilmente a ideas o motivaciones cada vez más lejanas del sentido y contexto original. Así llegamos rápidamente a enunciados populares como la “necesidad de cuidar el equilibrio”, que degeneran en otras más vagas como “cuidar la ecología”, e incluso en “filosofías” individuales a veces bizarras, más comunes de lo que desearíamos. Basten dos ejemplos hallados en la primera página de resultados al buscar “equilibrio de la naturaleza” en Google

(irónicamente junto a la revisión del libro de Pimm 1988): (a) en un foro sobre ciencia y biología: "... el aborto, la guerra, la explotación sexual y laboral, los gobiernos y ... hasta el homosexualismo son algunos de los mecanismos de la naturaleza para lograr el equilibrio." (<http://forums.myspace.com/t/3647913.aspx?fuseaction=forums.viewthread>); (b) "... significa que todos son iguales y todo les pertenece a todos, incluyendo la tierra y todo lo que contiene ...", "... es cuando todos tienen una actitud igual hacia el consumo de los recursos de la Naturaleza ...", "Cualquier exceso es perjudicial y contrario a la ley de equilibrio de la Naturaleza." (<http://laitman.es/2009/05/%C2%BFque-es-el-equilibrio-en-la-naturaleza/>).

Lamentablemente, muchos alumnos ya han internalizado nociones distorsionadas al enfrentar su formación en ciencia. Sin un tratamiento previo y adecuado, que revele las fallas y debilidades de tales perspectivas así como las vías correctas para su análisis, es probable que el alumno siga un camino escindido, adquiriendo un marco científico sobre la estructura y dinámica de los sistemas biológicos y a la vez preservando sus preconcepciones sin lograr la conexión (*i.e.* desarrollando ideologías paralelas). Cuando el profesor percibe este tipo de problemas y está bien preparado para enfrentarlos, puede incluso aprovecharlos como un excelente recurso didáctico (Jiménez 2009). Sin embargo, desafortunadamente hay otros factores que reducen esta posibilidad, y que además refuerzan la persistencia del error. Por una parte, los programas de estudio oficiales describen ciertos conceptos y aprendizajes esperados en forma inadecuada o ingenua (*e.g.*, en cuarto medio: la biosfera es un todo interconectado e interdependiente en equilibrio; las especies se extinguen por no ajustarse al equilibrio en los biomas; el equilibrio *debe* ocurrir en las poblaciones; las comunidades tienen estructuras características –biomas– que se mantienen en equilibrio estable; los ecosistemas presentan un equilibrio que se altera principalmente por acción humana; etc.). El error es potenciado además por otra área curricular (Historia y Ciencias Sociales), que espera generar en el alumno el "respeto hacia los equilibrios ambientales", por lo cual el problema adquiere carácter interdisciplinario. Por otra parte, la familiaridad aparente de los mismos profesores con los conceptos ecológicos induce a que los perciban como sabidos o más fáciles en relación

a los de otras áreas (Jiménez 2009), y por tanto invierten un menor esfuerzo en comprenderlos o profundizar en ellos, retroalimentando el problema. Extrañamente, como se observa en otros países, algo similar podría ocurrir con el término "darwinismo", si bien en Chile no sería un problema grave (aún). El término ha adquirido tanta difusión y "carga" cultural (que lo hace a la vez popular e impopular), que es confundido por el público con la teoría evolutiva actual o con cualquier aspecto evolutivo, y genera numerosos equívocos, juicios infundados y preconcepciones, al punto que algunos autores ya recomiendan eliminar su uso en la enseñanza (*e.g.*, véase Scott & Branch 2009).

De este modo, la dinámica de pseudo-aprendizaje podría ser bastante habitual en el aula, en la forma de un diálogo aparente aunque sin comunicación real, *i.e.* los datos fluyen pero no necesariamente son codificados o decodificados en forma adecuada para constituir un mensaje coherente o correcto. Por otra parte, los conflictos también podrían ser favorecidos por las formas habituales de evaluación escrita, que suelen exigir (a veces tácitamente) la memorización y repetición de contenidos por parte del alumno, *i.e.* "saber la materia". En este caso, la pregunta es con qué frecuencia, y hasta qué punto, la calificación otorgada al alumno es un reflejo de su capacidad o habilidad para reproducir el discurso del profesor (ya sea que lo comprenda o no). Esta situación podría ser relativamente común, y no sólo dificultaría que el alumno alcance un nivel aceptable de alfabetización, sino que además podría alentar la falsa convicción de estar alfabetizado, reforzada por la acumulación pasiva de pseudo-conocimientos.

Lo anterior explica en parte el porqué muchos estudiantes secundarios y universitarios no "creen" o no aceptan la teoría (y por tanto el fenómeno) de la evolución, incluso si manejan los conceptos básicos, un problema que ha demostrado tener relación directa con la capacidad de entender la naturaleza de la ciencia (Lombrozo *et al.* 2008). El argumento más frecuente en esta negación, tanto a nivel de alumnos como del público en distintos países y culturas, es que la evolución es "sólo una teoría", o "teoría, pero no hecho", donde "teoría" se interpreta como mera conjetura o especulación, en sentido opuesto a su uso en el ámbito científico (Branch & Mead 2008; Gregory 2008). Esta situación del tipo "todo vale", o "tu teoría es tan buena como la mía", refleja una

evidente incompreensión del proceso y vocabulario básico de la ciencia, donde la explicación del profesor como autoridad no basta para resolver el problema (*e.g.*, véase Branch & Mead 2008). Por cierto, esforzarse en lograr que el alumno “crea” en fenómenos o conceptos científicos sólo elude los problemas relevantes, y a lo más reemplaza una preferencia ideológica por otra, por lo cual no conduce siquiera a una victoria pírrica.

BIOLOGÍA EN LA REFORMA CURRICULAR SECUNDARIA: ¿FALTAN CONTENIDOS?

La estructura, organización y contenidos del marco curricular secundario de 1998, ya sea a nivel global o en el área biológica en particular, son imposibles de comentar aquí por su extensión, pero el lector puede consultar en la fuente oficial su versión 2005 y un ajuste recién propuesto (Ministerio de Educación de Chile; <http://www.curriculum.mineduc.cl>). En este marco, la biología se incorpora en tres ámbitos formativos: (a) General, compuesto por nueve sectores, uno de ellos Ciencias Naturales que se divide en subsectores Biología, Física y Química; (b) Diferenciada Humanístico-Científica, con 12 sectores/subsectores de profundización, uno de ellos Biología; y (c) Diferenciada Técnico-Profesional, con 14 sectores, tres de ellos (Agropecuaria, Maderero y Marítimo) incluyendo especialidades en biología aplicada. La amplitud de este marco implica necesariamente un compromiso entre la cobertura (contenidos y horas) de temas evolutivos/ecológicos y otros temas relevantes en biología (*e.g.*, salud, nutrición) y otras áreas. Pese a ello, los contenidos de evolución y ecología son más extensos e intensivos que en cualquier currículum anterior, aunque no necesariamente óptimos como se indicó más arriba.

Lo anterior pone en perspectiva una crítica usual en el ámbito científico, referida a un eventual déficit de contenidos ecológico-evolutivos como causa de deficiencias en los alumnos de carreras universitarias biológicas. Sin embargo esta apreciación es riesgosa, y reduce la posibilidad de identificar los problemas centrales, que involucran a distintos actores y niveles jerárquicos. La alternativa de aumentar contenidos es poco factible por el compromiso antes indicado, y tiende a cosificar la educación al homologar

calidad con cantidad de información. Por otra parte, confunde el nivel primario del marco (objetivos, contenidos mínimos, habilidades y actitudes) con el nivel subordinado del programa de estudio (propuesta didáctica y secuencia pedagógica para el desarrollo de los contenidos en el aula). La creación del marco es un paso crucial, pero su traducción expandida para generar un programa de estudio es crítica ya que puede atenuar o agravar los eventuales problemas en el primer nivel, notando que ambos productos pueden originarse en distintas instancias y con diferentes participantes. En un tercer nivel está la aplicación del programa como instrumento, y como tal la calidad de su ejecución dependerá básicamente de las competencias y habilidades del profesor secundario. No obstante, los programas actuales al parecer contienen un número muy alto de contenidos, y el profesor se ve usualmente sobrepasado por la obligación de desarrollarlos en un tiempo muy limitado, o sin la mejor preparación para discriminar entre ellos y concentrar el tiempo y esfuerzo en aquello relevante para lograr un objetivo (no todos los contenidos tienen igual importancia y pertinencia, por lo cual la capacidad de priorizar y optimizar su aprendizaje es un factor clave). Para el profesor establecido, adaptarse a un nuevo instrumento con distinta estructura, contenidos y enfoque puede ser un dilema, para el cual necesite algo más que las competencias básicas de su formación inicial, y que no necesariamente encontrará en las instancias disponibles para actualización y profundización.

Por tanto, la cantidad de información es menos pertinente que la elección intencionada de los contenidos y orientaciones didácticas que sean más adecuados para lograr objetivos de aprendizaje relevantes, tales como comprender la ciencia biológica en términos de: cómo funciona y procede para desentrañar los fenómenos evolutivos (la vía metodológica y técnica que conduce a establecer un hecho, más que el hecho en sí); cuándo y por qué un dato o conocimiento es considerado evidencia (más que el acto de presentar evidencias); o cómo se constata y mantiene la validez del conocimiento adquirido (más que sólo afirmar su validez). Probablemente esta intencionalidad es igualmente importante a nivel de la formación universitaria en biología, donde la predominancia de contenidos del área está garantizada, pero no así la forma en que son elegidos y articulados para el logro de objetivos de aprendizaje.

En cuanto a la calidad y posibilidades de la educación en evolución y ecología, el breve análisis anterior ya sugiere que las características del profesor secundario de biología pueden ser incluso más importantes que el currículum en sí, y constituyen un punto focal para cualquier análisis o esfuerzo dirigido a producir cambios. El currículum secundario actual claramente impone al profesor establecido la necesidad de adaptarse y de actualizar su formación, pero también impone demandas a la formación de futuros docentes, y no es evidente que los programas universitarios logren siempre un balance adecuado entre sus cursos/competencias en los ámbitos científicos y pedagógicos, o una conexión apropiada entre ambos. En este contexto, es interesante notar que el currículum secundario define en forma explícita y muy clara las competencias a lograr por el alumno, mientras que las competencias que necesita el profesor están sólo implícitas en el tipo y complejidad de los contenidos y objetivos definidos.

¿QUIÉN FORMA A LOS FORMADORES EN CIENCIA?

Mientras el grado de analfabetismo sería un factor proximal en las fallas de aprendizaje del alumno a nivel universitario, a nivel secundario el factor principal sería el grado de alfabetización del profesor, cuyos alumnos son por defecto analfabetos cuando enfrentan por primera vez un ámbito científico de conocimiento. En tal sentido, la mayor fortaleza del ámbito evolutivo y ecológico en el actual currículum secundario genera otros problemas: los profesores secundarios sin preparación adecuada forman a los futuros estudiantes de ciencia y pedagogía, y en la universidad los nuevos profesores tienden a ser formados ya sea con un énfasis mucho menor en su futuro ámbito científico de desempeño, o a recibir una formación paralela pero no interdisciplinaria en ciencia y pedagogía. Esta disociación, representada en la Figura 1, es también un conflicto dialéctico. La educación científica efectiva requeriría, idealmente, de un formador familiarizado tanto con los modos y naturaleza de una ciencia como con sus teorías y fenómenos. No obstante, quienes poseen las competencias disciplinarias (científicos, facultades y sociedades de ciencias, etc.) no suelen tener un gran vínculo con los formadores de alumnos secundarios que serán nuevos científicos, o con los que forman a estos formadores. Por ello, a la queja de los biólogos sobre deficiencias en la formación

secundaria puede subyacer la dudosa expectativa de que los docentes alcancen excelencia en biología sin mayor participación de biólogos. Por otra parte, cuando los biólogos participan en la formación de docentes puede existir la también dudable expectativa de que dictar cursos de alto nivel y actualización (algo que escapa a las competencias directas del pedagogo que forma docentes) es una condición suficiente o el mejor aporte para el éxito del futuro pedagogo. Pese a ello un problema clave es cómo el futuro profesor asimila los contenidos y optimiza su enseñanza en la dirección y contexto apropiados y/o en función de los objetivos del marco curricular (lo cual escapa a las competencias directas del biólogo). Sin embargo, esto requiere una articulación planificada entre los formadores en ciencia y pedagogía (uno de los interrogantes que indica la Fig. 1), que probablemente no ocurre en la mayoría de los casos, más allá de lo que puedan sugerir las mallas curriculares. Por ello una pregunta válida para los programas de formación docente es si su intención de interdisciplinaridad supera realmente lo multidisciplinario, *i.e.* en qué medida una formación de “pedagogo *en* biología” termina finalmente en una de “pedagogía *más* biología”.

LA FORMACIÓN EVOLUTIVA EN CARRERAS UNIVERSITARIAS CIENTÍFICAS Y PEDAGÓGICAS

Para evaluar en forma simple la formación biológica de pregrado en Chile, en 2007 colecté (del sitio Web oficial de cada universidad) información básica sobre la malla curricular de programas de estudio biológicos en los cuales la evolución debería ser un área relevante. Se consideraron sólo programas científicos y de formación pedagógica otorgando un grado de licenciado y/o un título profesional, e incluyendo “Biología” (más un caso con “Ecología”) en su nombre o mención (no se consideraron programas aplicados o de corte técnico, *e.g.* en biotecnología, acuicultura o pesquería). En cada programa se identificaron los cursos de carácter obligatorio que trataban explícita, directa y predominantemente sobre evolución, registrando su nombre y posición en la malla (semestre curricular). No se consideraron otros cursos obligatorios en que la evolución no fuera el tema central, o que podrían tratar contenidos evolutivos pero con menor frecuencia o importancia, algo difícil de

establecer con la información oficial disponible, y que de otro modo obligaría a incluir todas las disciplinas biológicas básicas e incluso biología general. Los cursos optativos fueron excluidos ya que por definición no se consideran esenciales en la formación mínima, y cada uno puede o no ser cursado por una fracción menor y variable de los estudiantes de cada programa. Pese a las restricciones anteriores, y a que desde 2008 pudo haber algún cambio menor, los datos mostrados son un buen reflejo de la situación general.

En este contexto, el país contaba en 2007 con 34 programas biológicos de pregrado, 19 científicos y 15 pedagógicos, que se detallan en la Tabla 1. Debe notarse que dos de los programas pedagógicos no son carreras sino planes complementarios que requieren un grado/título anterior en el área, por lo cual no es posible conocer los cursos previos de sus estudiantes. Sin contar estos casos, 26 de los 32 programas restantes (81,3 %) incluyen un único curso evolutivo (en algunos casos el mismo curso se dicta a las carreras de ambas áreas dentro de una misma universidad), un solo programa (3,1 %) incluye dos, y cinco programas (15,6 %; 3 científicos, 2 pedagógicos) no incluyen ninguno. Estos valores son un mal reflejo de la supuesta importancia central de la evolución dentro de la biología, que curiosamente (en cuanto a número e importancia de unidades temáticas formales) es mucho más notoria en el currículum secundario, casi contradiciendo la idea de que el alumno expande y profundiza su formación evolutiva en la universidad. Si esto se debe al decaimiento de la educación y el pensamiento evolutivo en Chile a fines del siglo XX (Medel 2008), entonces (a pesar de varias notables excepciones) la biología a nivel nacional necesitaría reasimilar el famoso aforismo de Dobzhansky (la evolución como iluminadora del sentido de la biología), y no sólo como eslogan inspirador que a lo más generará una suerte de *déjà vu* en el alumno. De paso, los perfiles de egreso de varias carreras de biología y pedagogía aún incluyen clichés y adjetivaciones no interpretables ni útiles para entender las características del profesional, como el popular “*sólida formación en ...*”, con nulo contenido de información sobre el proceso formativo y sus criterios de solidez. Éste es quizá un efecto inercial del período decadente, y revela la necesidad de explicitar los objetivos y estrategias de formación, y terminar con los currículos diseñados para enseñar y no para aprender.

En otro contexto, la Tabla 1 muestra que los nombres dados a los cursos evolutivos son más bien tradicionales sin variar demasiado entre programas científicos y pedagógicos, salvo casos con orientación muy específica, mientras la posición curricular de los cursos es más variable dentro y entre áreas. La Tabla 2 resume los datos para ambas áreas, destacando su similar déficit de ~ 15 % de programas sin curso evolutivo, y también algunos contrastes interesantes. El nombre “Genética y evolución” domina sobre “Evolución” en el área científica, pero la tendencia se invierte en el área pedagógica, algo difícil de interpretar sin conocer la intención de sus creadores. Por conocimiento directo y consultas a académicos, puedo indicar que en algunos programas científicos el nombre “Genética y evolución” es reciente, y surge ya sea de la fusión de dos cursos previos de genética y evolución, o la decisión *a priori* de crear un curso único combinando las dos disciplinas, en ambos casos por una conveniencia o necesidad de optimizar/simplificar las mallas por diferentes razones. Esto sugiere que, en contraste a la educación secundaria, en las universidades ha habido una tendencia a reducir el espacio curricular de la evolución, y ésta es una hipótesis decepcionante que preferiría ver rechazada con un ínfimo error tipo II. Para los cursos de programas pedagógicos sólo puedo indicar que, al menos en tres casos, el nombre y otros aspectos pertinentes al curso surgieron por completo desde la unidad académica científica encargada de dictarlo, la cual no recibió orientaciones o requerimientos específicos de la unidad pedagógica receptora. Esta poca interacción entre el saber pedagógico y el científico no es infrecuente, y en la práctica puede quedar reducida a una oferta de cursos dictados por científicos, que no siempre podrán decidir qué necesita recibir el alumno de pedagogía en cuanto a propósito y contexto. En tal caso, los alumnos probablemente obtendrán un cúmulo de conocimientos biológicos en lugar de un conocimiento de la biología, una enseñanza estanca que se valida en el solo hecho de provenir de especialistas disciplinarios. Esta debilidad en la conexión pedagógico-científica sin duda compromete a los individuos participantes, pero puede ser favorecida por los mecanismos institucionales de prestación de servicios docentes entre unidades académicas (que suelen tomar la forma de una obligación rutinaria), basados en la máxima no siempre bien entendida de la competencia disciplinaria.

TABLA 1. Programas de estudios científicos y pedagógicos en Biología ofrecidos por las universidades chilenas en 2007, indicando el o los nombres de cursos evolutivos obligatorios incluidos en su malla curricular respectiva, y el semestre en el cual se dictan. Universidades: 1: Andrés Bello, 2: Arturo Prat, 3: Austral de Chile, 4: Católica de Chile, 5: Católica de la Sma. Concepción, 6: Católica de Temuco, 7: Católica de Valparaíso, 8: Católica del Norte, 9: de Antofagasta, 10: de Chile, 11: de Concepción, 12: de los Lagos, 13: de Magallanes, 14: de Valparaíso, 15: Católica del Maule, 16: de la Frontera, 17: de La Serena, 18: de Santiago de Chile, 19: de Tarapacá, 20: Metropolitana de Ciencias de la Educación. Lic. = licenciatura; m. = mención; formación previa = programas de formación pedagógica complementaria que exigen Licenciatura o título previo en la disciplina. --- = ausente.

TABLE 1. Science and pedagogy study programs in the biology area offered by Chilean universities in 2007, providing the name(s) of the evolutionary course(s) included in their respective curricular structure, and the semester in which they are given. Universities: 1: Andrés Bello, 2: Arturo Prat, 3: Austral de Chile, 4: Católica de Chile, 5: Católica de la Sma. Concepción, 6: Católica de Temuco, 7: Católica de Valparaíso, 8: Católica del Norte, 9: de Antofagasta, 10: de Chile, 11: de Concepción, 12: de los Lagos, 13: de Magallanes, 14: de Valparaíso, 15: Católica del Maule, 16: de la Frontera, 17: de La Serena, 18: de Santiago de Chile, 19: de Tarapacá, 20: Metropolitana de Ciencias de la Educación. Lic. = licenciatura (academic degree above bachelor and below master); m. = mención (mention, ~ equivalent to a major); (formación previa) = previous formation, referring to programs of complementary pedagogy formation which require a prior Licenciatura degree or professional title in the discipline; --- = absent.

Programas científicos	Curso	Semestre
1. Biología Marina	Evolución	7
2. Biología	Evolución	6
3. Lic. Ciencias Biológicas	Genética y evolución	5
3. Biología Marina	Genética y evolución	5
4. Lic. Biología/Biólogo	Genética y evolución	8
5. Biología Marina	Genética y evolución	6
6. Biología Gestión Recursos Naturales	Genética y evolución	5
7. Biología	---	---
8. Biología Marina	Evolución	8
9. Ecología Marina	Ecología evolutiva	6
9. Lic. Ciencias Biológicas/Biólogo	Genética y evolución	5
10. Lic. Ciencias m. Biología	Evolución	8
10. Biología Ambiental	- Adaptación biológica al medio ambiental	5
	- Bases moleculares de la interacción organismo medio ambiente	6
11. Biología Marina	Genética y evolución	7
11. Lic. Biología	Evolución	7
12. Biología Marina	Genética y evolución	5
13. Biología Marina	Evolución	6
14. Biología Marina	---	---
14. Lic. Ciencias m. Biología y Química	---	---
Programas pedagógicos	Curso	Semestre
2. Ped. Biología y Química	Evolución	6
4. Ped. (y Lic.) Educación Media Biología	(formación previa)	---
5. Ped. Media Ciencias Naturales y Biología	Genética y evolución	6
6. Ped. Media Ciencias Naturales y Biología	Genética y evolución	8
7. Ped. Biología y Ciencias Naturales	Biología evolutiva	6
9. Ped. Biología y Ciencias Naturales	Evolución	6
10. Lic. Educación m. Biología	(formación previa)	---
11. Ped. m. Ciencias Naturales y Biología	Principios de evolución	7
13. Ped. Biología y Ciencias Naturales	Evolución	7
15. Ped. Ciencias m. Biología	Evolución	7
16. Ped. Ciencias m. Biología	Botánica y evolución vegetal	7
17. Ped. Biología y Ciencias Naturales	Evolución orgánica	8
18. Ped. Química y Biología	---	---
19. Ped. Biología y Ciencias Naturales	---	---
20. Lic. (y título) Educación Biología	Evolución	8

Por otra parte, la posición de los cursos evolutivos en la malla curricular de los programas sigue también un patrón opuesto, ubicándose mayoritariamente en el año tres (semestres 5 a 8) en el área científica versus el año cuatro (semestres 6 a 8) en la pedagógica (el lector puede revisar las mallas en el sitio Web oficial de cada universidad). En algunas carreras científicas, la evolución queda a nivel intermedio porque debe dictarse suficientemente tarde para aprovechar e integrar conocimientos de áreas básicas cubiertas en los primeros años, pero suficientemente temprano para servir de referente en las etapas finales de profundización y tesis. En otros casos, sin embargo, su ubicación final puede obedecer a otros motivos (*e.g.*, compromisos entre áreas o intereses en competencia), ya que el diseño de mallas curriculares científicas suele ser bastante idiosincrásico. En las carreras pedagógicas, la situación es muy distinta ya que deben combinar la biología con su propio ámbito, y en este caso las carreras difieren bastante en su tipo y número de cursos científicos biológicos *versus* no biológicos, y en su forma de distribuirlos en la malla, ya sea progresivamente o en bloques, y agrupados más temprana o tardíamente. En este sentido, la ubicación tardía de la evolución (similar a lo que ocurre con los cursos de ecología) sugiere que se la consideraría como un ámbito al cual se llega integrando otras disciplinas, más que uno desde el cual es posible fundamentar otras disciplinas. La estructura de las mallas sugiere también

que la biología es vista ya sea como un área de aprendizaje y/o un campo de aplicación del saber pedagógico, más que como una especialización en el aprendizaje de un área científica. A mi juicio, esto ayuda a explicar algunas dificultades que tienen los profesores en ejercicio (en especial los formados en décadas anteriores) al enfrentar el currículum secundario, que exige comprender el área evolutiva/ecológica con un enfoque bastante interdisciplinario e integrador. Los programas universitarios de formación docente parecieran estar generando principalmente pedagogos con entrenamiento paralelo y secundario en biología, o viceversa (el énfasis difiere bastante entre las carreras), pero menos a profesionales de interfase entrenados específicamente en enseñar biología. En forma paralela a los cursos de biología, muchas carreras ofrecen cursos de didáctica en sentido amplio, o de didáctica de la ciencia en general. Sin embargo pocas ofrecen didáctica de la biología en particular, un área donde probablemente los científicos y pedagogos profesionales podrían interactuar en forma exitosa, y aportar significativamente a un perfil de egreso que en el contexto actual parece quimérico o impracticable.

En este contexto, uno de los posibles criterios de calidad para la formación docente podría ser su grado de interdisciplinaridad entendido como coherencia entre biología y pedagogía, en forma

TABLA 2. Resumen de la información mostrada en la Tabla 1. El asterisco indica que el porcentaje se calculó excluyendo dos programas pedagógicos que requieren un grado/título previo, y no sobre el total indicado en la segunda columna.

TABLE 2. Summary of the information shown in Table 1. The asterisk indicates that the percentage value was calculated by excluding two pedagogical programs requiring a previous degree/title, and not over the total number of programs in the second column.

Programas de estudio	Nº total	Presencia de un curso evolutivo obligatorio	Ubicación en la malla curricular	Nombre del curso
Científicos	19	84,2 %	62,5 % en año 3 37,5 % en año 4	Genética y evolución (47,1 %) Evolución (35,3 %) otros (17,6 %)
Pedagógicos	15	84,6 %*	36,4 % en año 3 63,6 % en año 4	Evolución (45,5 %) Genética y evolución (18,2 %) otros (36,4 %)
Total	34	84,4 %*		

similar al criterio de conmensurabilidad entre teorías científicas de Kuhn (1962), aunque en la acepción más pragmática definida por Feyerabend (1987). Esto es, identificar los contextos e interpretaciones en que ambos dominios pueden confluir y ser congruentes, y aquellos en que no lo son, para seleccionar las combinaciones que se ajusten mejor al objetivo de lograr una formación para enseñar-a-aprender-biología. Por otra parte, y al igual que en los programas científicos, los componentes evolutivos debieran estar explícitos en los conocimientos, habilidades y actitudes a desarrollar (*i.e.* competencias), definiendo su jerarquía y conexiones a través de los distintos niveles de la formación (e.g., generales y específicos, transversales y terminales). Por supuesto, un aspecto muy diferente es si el alumno logrará o no adquirir las competencias que se hayan definido, lo que dependerá en parte de las capacidades adquiridas en su formación inicial, y es aquí donde un profesor adecuadamente formado puede contribuir a cerrar el círculo.

COMENTARIO FINAL

De todos los aspectos resumidos en la Figura 1, si se piensa en modificar la calidad e impacto de la educación biológica en todos los niveles, hay dos que aparecen como muy sensibles (en sentido matemático, *i.e.* que al cambiar podrían causar un gran efecto global). Primeramente, el rol del profesor secundario emerge como una piedra angular del sistema de educación científica, y como nodo que concentra un alto número de conexiones con la capacidad de vitalizar la dinámica de alfabetización en el sistema como un todo. Sin embargo, ésta es una potencia incompletamente realizada, ya que el flujo a través del sistema debe atravesar algunos puentes en mal estado o sin terminar. En este contexto, una mayor interdisciplinariedad en la interacción entre biólogos y pedagogos sería un factor esencial para reforzar la formación de profesores secundarios, canalizándola a su objetivo con más eficacia. A la vez, este refuerzo puede ser una vía eficiente para que los científicos contribuyan a retroalimentar la formación inicial de los futuros biólogos y pedagogos. Después de todo, si la generalidad de los profesores realizara docencia de excelencia en biología, iniciativas como el programa Explora-

CONICYT serían sólo un complemento atractivo, y no una necesidad como ocurre actualmente.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Eduardo Palma (PUCC) por su invitación a un simposio sobre el estado de la evolución en Chile, del cual se originó este ensayo. No soy experto en nada del ámbito pedagógico y de formación docente, pero he participado del mismo en ocasiones, especialmente en el Programa MECE Media, y siempre con mediación o apoyo de María Victoria Gómez (MINEDUC). Por ello agradezco haber colaborado con: Alfonso González (PUCC) y MVG generando la primera versión del actual marco curricular secundario, que se sometió luego a consulta nacional; María Inés Noguera (MINEDUC) y MVG, supervisando la confección de textos didácticos para profesores de biología, y generando uno con Ramiro Bustamante (U. de Chile); y MVG, participando en talleres didácticos con profesores, y generando textos de ciencias naturales para educación básica.

BIBLIOGRAFÍA

- AAAS 1990. Science for all Americans. Online. American Association for the Advancement of Science, USA. URL: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- BARDAPURKAR, A. 2008. Do students see the "selection" in organic evolution? A critical review of the causal structure of student explanations. *Evolution, Education and Outreach* 1(3):299-305.
- BRANCH, G. & L. S. MEAD. 2008. "Theory" in theory and practice. *Evolution, Education and Outreach* 1(3):287-289.
- CABRAL, I. 2001. Alfabetismo científico y educación. Revista digital de educación y nuevas tecnologías, Contexto Educativo III(18). URL: <http://contexto-educativo.com.ar/2001/4/nota-01.htm> Accesado: mayo 14, 2009.
- CAMUS, P.A. 1999. La Historia Natural en la ecología: ¿ni historia ni natural? *Ciencia al Día* 4(2): 10 pp. URL: <http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen2/numero4/articulos/articulo2.html> Accesado: Abril 2, 2009.
- CAMUS, P.A. 2000. Evolution in Chile: natural drift versus natural selection, or the preservation of favoured theories in the struggle for knowledge. *Revista Chilena de Historia Natural* 73(2):215-219.
- CASTRO, S.A., A. CAMOUSSEIGHT, M. MUÑOZ-SCHICK & F. M. JAKSIC. 2006. Rodolfo Amando Philippi, el naturalista

- de mayor aporte al conocimiento taxonómico de la diversidad biológica de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 79(1):133-143.
- FEYERABEND, P. 1987. Consolations for the specialist. En: *Criticism and the growth of knowledge* (Eds. Lakatos, I. & A. Musgrave), pp. 197-230. Cambridge University Press, New York.
- GREGORY, T.R. 2008. Evolution as fact, theory, and path. *Evolution, Education and Outreach* 1(1):46-52.
- JIMÉNEZ, M. DEL P. 2009. Los conceptos de población y de especie en la enseñanza de la biología: concepciones, dificultades y perspectivas. Tesis doctoral, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, Granada. 196 pp. URL: <http://hera.ugr.es/tesisugr/17860623.pdf> Accesado: Junio 2, 2009.
- KUHN, T.S. 1962. *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press, Chicago. 168 pp.
- LOMBROZO, T., A. THANUCOS & M. WEISBERG. 2008. The importance of understanding the nature of science for accepting evolution. *Evolution, Education and Outreach* 1(3):290-298.
- MANRÍQUEZ, G. & F. ROTHHAMMER. 1997. *Teoría moderna de la evolución. Con un análisis del determinismo estructural de H. Maturana*. Amphora Editores, Santiago, Chile. 64 pp.
- MEDEL, R.G. 2008. The evolution of evolutionary thinking in Chile. *Evolution, Education and Outreach* 1(3):318-322.
- MINEDUC. 1998. *Marco curricular de la educación media. Objetivos fundamentales y contenidos mínimos obligatorios de la educación media*. Ministerio de Educación, Santiago, Chile. 394 pp.
- NÚÑEZ, I. 2002. La formación de docentes. Notas históricas. En: *Profesores para Chile. Historia de un proyecto* (Ed. Ávalos, B.), pp. 14-39. Ministerio de Educación, Santiago, Chile.
- PIIE. 1984. *Las transformaciones de la educación bajo el régimen militar. Volumen 1. Programa Interdisciplinario de Investigaciones en Educación*. S.R.V. Impresos S.A., Santiago. 214 pp.
- PIMM S.L. 1988. *The balance of nature? Ecological issues in the conservation of species and communities*. The University of Chicago Press, Chicago. 434 pp.
- ROZZI, R. & F. MAZZARDO. 1999. La teoría darwiniana de la evolución: un caso paradigmático para las interrelaciones entre ética y ciencia. *Ciencia al Día* 4(2): 13 pp. URL: <http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen2/numero4/articulos/articulo5.html> Accesado: Abril 2, 2009.
- SCOTT, E.C. & G. BRANCH. 2009. Don't call it "Darwinism". *Evolution, Education and Outreach* 2(1):90-94.
- ZEIGLER, D. 2009. Conveying the values of science and biology. *BioScience* 59(3):198-199.