



Un modelo de contenido transversal para la enseñanza de las ciencias experimentales: La terrestrealización de los vertebrados.

Andrea R. Steinmann y Fernando L. Cañas.

Facultad de Ciencias Exactas, Físicoquímicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto.

Resumen

La transversalidad es una temática relativamente nueva en educación que, por su planteo globalizador de los hechos y fenómenos, tiene en su poder la posibilidad histórica de hacer frente a la concepción compartimentalizada del saber que ha caracterizado a la enseñanza. Pese a que los temas transversales ofrecen una nueva manera de seleccionar y jerarquizar contenidos, delimitar problemáticas educativas, y la posibilidad de romper con las fronteras que existen tradicionalmente entre disciplinas, su presencia en las aulas es episódica y restringida. Debido a esto, creemos que es muy importante avanzar en la sistematización de esta experiencia educativa innovadora en la enseñanza de las ciencias experimentales. Nuestro modelo responde a un proceso de enseñanza que permite, a través de la transversalidad de los contenidos implicados en la terrestrealización de los vertebrados, que los alumnos alcancen gradualmente niveles superiores e integrados de conocimiento relacionados a las ciencias experimentales, en el marco de los dominios particulares de la biología, anatomía y fisiología animal, ecología, geología, evolución, paleontología, física, etc.. Así, la construcción de conocimientos no sería un proceso lineal, con una secuencia fija en el tratamiento de los conceptos, sino un proceso de reorganización continua en el que, sin descuidar la profundización en cada concepto, se construyen redes de conocimientos cada vez más amplias y complejas.

Abstract

Transversal subjects represents a new thematic educative model, with the power to confront the standard way of distribution of knowledge that has distinguished the education until our days. Although transversal subjects offer a new way of selecting and arranging learning contents, delimiting educational concerns, and giving the possibility to break the traditional frontiers that exists between school subjects, their presence in classrooms is episodic and restricted. Because of this, we believe that it is very important to advance on the systematization of this innovative educative model, in experimental sciences learning, at the high or secondary school level. Through the application of transversal subjects, involved in tetrapods evolution, we pretend that students gradually reach higher and integrated levels of knowledges related with experimental sciences, particularly those connected with topics related to animal anatomy and physiology, evolution, geology, ecology, physics, etc.

Introducción

La transversalidad es una temática relativamente nueva en educación que, por su planteo globalizador de los hechos y fenómenos, tiene en su poder la posibilidad histórica de hacer frente a la concepción compartimentalizada del saber que ha caracterizado a la enseñanza. Sin embargo, pese a que los temas transversales ofrecen una nueva manera de seleccionar y jerarquizar contenidos, delimitar problemáticas educativas, y la posibilidad de romper con las fronteras que existen tradicionalmente entre disciplinas, hasta el momento, su presencia en las aulas es episódica y restringida. Debido a esto, creemos que es muy importante avanzar en la sistematización de esta experiencia edu-

cativa innovadora en la enseñanza de las ciencias experimentales. Cabe destacar que si bien el planteo de la utilización de temas transversales en la educación no es en sí mismo una propuesta "innovadora", sí lo es el planteo de la situación problemática particular propuesta en este trabajo (Pozo *et al.*, 1995).

Según Busquets *et al.* (1993), los temas transversales deben ser el eje en torno al cual gire la temática de diferentes áreas curriculares, y deben ser tratados como nuevos contenidos que reemplazarán a los ya existentes. Así, al tomarse los temas transversales como el hilo conductor de los trabajos del aula, las materias curriculares de las ciencias experimentales deberían girar en torno a ellos, convirtiéndose en instrumentos necesarios y valiosos para el lo-

gro de los objetivos deseados. En función de las finalidades hacia las que apuntan los temas transversales, éstos permitirán desarrollar una serie de actividades que conducirán a la adquisición de nuevos conocimientos, a plantear y resolver problemas, a hacer preguntas y a darles respuesta. De esta manera, estaríamos incluyendo nuestro modelo transversal dentro de una metodología investigativa (Steinmann, *et al.*, 2001), ya que, su aplicación implica el planteo de problemas teóricos conceptuales cuya resolución estimula al alumno a asumir un rol protagónico real en la construcción de su propio conocimiento. Así, aprender implica investigar, modificar, revisar ideas e interpretaciones, contrastar ideas previas con los conocimientos adquiridos, discutir, etc. Entre los numerosos autores que han desarrollado la metodología investigativa, podemos citar a Roger (1975), Posner *et al.* (1982), Wittock (1989); García y García (1993); Porlan (1993); Contreras (1994).

Nuestro modelo responde a una propuesta de un proceso de enseñanza que permite, a través de la transversalidad de los contenidos implicados en el mismo, que los alumnos alcancen gradualmente niveles superiores e integrados de conocimiento relacionados a las ciencias experimentales. Esto, en el marco de los dominios particulares de la biología, anatomía y fisiología animal, ecología, geología, evolución, paleontología, física, etc. Así, la construcción de conocimientos no sería un proceso lineal, con una secuencia fija en el tratamiento de los conceptos, sino un proceso de reorganización continúa en el que, sin descuidar la profundización en cada concepto, se construyan redes de conocimientos cada vez más amplias y complejas (García *et al.*, 1993).

Por otra parte, creemos que la terrestreización de los vertebrados es un núcleo temático motivador para el aprendizaje de conceptos implicados en numerosas disciplinas de las ciencias experimentales. Por ejemplo, en relación a la disciplina de la física esto revestiría gran importancia ya que, según Ortíz *et al.* (1994), la falta de motivación de parte de los alumnos para el estudio de la física puede atribuirse al desconocimiento que ellos tienen de la importancia del rol que juegan los conceptos de física en la comprensión de los fenómenos biológi-

cos. Esto, debido tal vez, a que muchos profesores suelen hacer que los alumnos en lugar de resolver "problemas", completen meros "ejercicios" (Pozo *et al.* 1994; Ramírez *et al.* 1994; Pozo *et al.* 1995). En general, según Claxton (1991), si el estudiante no percibe la tarea como un "problema" difícilmente estará resolviendo un problema sino que, una vez más, hará un ejercicio vacío de contenido.

La propuesta presentada en el presente trabajo ha sido aplicada desde el año 1994, en el dictado de la asignatura "Paleontología", perteneciente a la currícula de las carreras universitarias de Licenciatura en Geología y Licenciatura en Ciencias Biológicas, que se dictan en la Universidad Nacional de Río Cuarto. Esta propuesta metodológica fue apoyada por la Institución mencionada a partir de la aprobación del Proyecto de Innovación Pedagógica, UNRC, presentado por los docentes de la asignatura. No obstante, los autores están persuadidos de que su aplicación en el nivel de enseñanza media, específicamente en el ciclo Polimodal y de Especialización en Ciencias Naturales, no sólo es factible sino también muy positivo.

El objetivo general que perseguimos con la aplicación del tema transversal propuesto es que, en el marco de una metodología didáctica investigativa, los alumnos adquieran conocimientos relacionados a diferentes áreas temáticas de las ciencias experimentales, desarrollando su capacidad de pensar, comprender e interrelacionar.

Objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales:

- Integrar los conocimientos adquiridos, relacionándolos a las diferentes situaciones problemáticas.
- Adquirir conocimientos relacionados a diferentes áreas temáticas de las ciencias experimentales, desarrollando su capacidad de pensar, comprender e interrelacionar.
- Identificar y plantear diferentes situaciones problemáticas a partir de la observación general.
- Elaborar preguntas específicas.

- Recoger información relacionada a las mismas.
- Lograr una actitud exploratoria y curiosa.

Descripción del Modelo “Terrestre realización de los vertebrados”.

Sugerimos que el modelo presentado sea implementado en el ciclo polimodal de especialización dirigida al área de las ciencias naturales, y a cursos universitarios relacionados a las ciencias experimentales.

En esta opción metodológica proponemos que la situación problemática planteada sea tomada como punto de partida del aprendizaje de contenidos de materias curriculares de las ciencias experimentales. Esto, y de acuerdo con Cañal (1987) y Busquets, *et al.* (1993), para evitar la adquisición de conocimientos carentes de finalidad fuera de sí mismos, al relacionarlos entre sí y a un objetivo claramente planteado desde un principio.

Planteo de la situación:

“Durante el período Devónico, que comenzó hace unos 400 millones de años, prevalecieron climas fríos y templados, con épocas alternas de inundaciones y sequías. En los hábitats acuáticos poco profundos la vida vegetal y animal era abundante y muy diversa. Durante los períodos de sequía el agua disponible de estos hábitats se limitaba a pequeñas charcas y riachos, al tiempo que el oxígeno disuelto en ella desaparecía gradualmente. Sólo aquellos peces capaces de utilizar el oxígeno atmosférico y de desplazarse en el sustrato barroso pudieron sobrevivir en tales condiciones (Romer, 1983). Además, es muy probable que entre estos peces óseos, que en el Devónico dominaban tanto los hábitats marinos como los dulceacuícolas, se registrase una predación intensiva y una fuerte competencia por el alimento y los hábitats óptimos. Por otro lado, en la tierra, la emergencia de las plantas (Briófitas) pequeñas y semejantes a juncos, había comenzado en el período anterior (Silúrico), ocupando las orillas fangosas de las marismas litorales. En este ambiente tuvo origen el desarrollo de nuevas estructuras vegetales, como raíces y tejidos de conducción y sostén, que permitieron el posterior avance de las plantas hacia áreas cada vez más alejadas de la costa. En asociación con

esta primera flora terrestre había una fauna de artrópodos semejantes a las arañas y los miriápodos actuales, escorpiones y ácaros (Hickman, 1998). El avance de las plantas hacia el interior de la tierra fue seguido por especies de insectos pertenecientes a los Ordenes Colémbola y Tisanura. En el Devónico medio y superior, en las regiones Ártico canadiense y de China (actuales), ubicadas entonces próximas al ecuador, se desarrollaron las primeras selvas y bosques tropicales, generando los primeros mantos potentes de carbón en la historia de la Tierra. La presencia de estos organismos habilitó un importante nicho, vacante hasta ese momento, para los vertebrados terrestres. Así, la hipótesis más aceptada actualmente es que los vertebrados invadieron la tierra firme porque en ella había un rico e inexplorado abastecimiento de alimentos y de refugio (Benton, 1996). Hacia el Devónico tardío los Océanos que se habían abierto durante el Paleozoico estaban camino a cerrarse, formando un “supercontinente” (pre-Pangea). Esto permitió que peces de agua dulce del hemisferio austral migraran hacia las fuentes de agua dulce presentes en las masas continentales del hemisferio norte.

Los peces a partir de los cuales evolucionaron los anfibios, eran peces óseos de aletas “carnosas” o “lobuladas” pertenecientes a la subclase Sarcopterigios y, dentro de ésta, al grupo Osteolepiforme. Poseían pulmones y aletas carnosas (pectorales y pélvicas) con huesos y músculos homólogos al de los anfibios primitivos, capaces de producir una especie de “marcha”. *Ichthyostega*, anfibio del Devónico superior, es comúnmente identificado como el tetrápodo más antiguo. Si bien presentaba un tipo corporal semejante al pez osteolepiforme a partir del cual evolucionó, con una cabeza hidrodinámica, una columna vertebral débil y flexible, y una aleta caudal, *Ichthyostega*, de casi un metro de largo, poseía poderosas extremidades y cinturas óseas del tipo tetrápodo (Curtis, 2000; Benton, 1995). También presentaban (entre otras características) nuevos huesos (falanges, etc.) y articulaciones (codo, muñeca, etc.) que alcanzaron mayor definición. No obstante, aunque este primer anfibio muestra adaptaciones terrestres, sería erróneo imaginar a *Ichthyostega* como un marchador veloz (Benton, 1995; Hickman, 1998; Rivero, 2000).

Aparte de la diferencia obvia en el contenido de agua entre los medios acuáticos y terrestres, existen diferencias claras entre los dos ambientes, que resultan de particular importancia para la vida de los primeros animales vertebrados que invadieron la tierra; estos son, los primeros anfibios. Así, se pretende que la situación planteada actúe como desencadenante y motivadora para facilitar el abordaje de las temáticas en estudio, y ofrezca un marco propio para el planteo de problemas.

Así, por ejemplo, que los alumnos se pregunten:

- 1 ¿El ambiente acuático descrito en la situación inicial se puede comparar con algún ambiente acuático actual en particular?
- 2 ¿Las masas continentales, se hallaban distribuidas en el Devónico del mismo modo en que lo están en la actualidad?
- 3 ¿La ubicación relativa de los continentes influye sobre el clima?
- 4 ¿Cuán diferente es vivir en el agua que en la tierra?
- 5 ¿Contienen el agua y el aire la misma cantidad de oxígeno?
- 6 ¿Se difunde el oxígeno a la misma velocidad en el agua y en el aire?
- 7 ¿Influyen los distintos medios (aéreo y acuático), en el peso y soporte del cuerpo?
- 8 ¿Qué características particulares deberían haber presentado los peces a partir de los cuales evolucionaron los primeros anfibios?
- 9 ¿Cualquier especie de pez podría haber sido el antepasado directo del primer anfibio? ¿Por qué?
- 10 ¿Cómo mantuvieron su balance hídrico los primeros vertebrados que vivieron en la tierra?
- 11 ¿Los primeros anfibios eran similares a las salamandras y los sapos y ranas actuales?

Etc ...

Así, cada una de las preguntas planteadas por los alumnos representaría el planteo de un problema particular, desprendido de la situación general presentada inicialmente. Para la resolu-

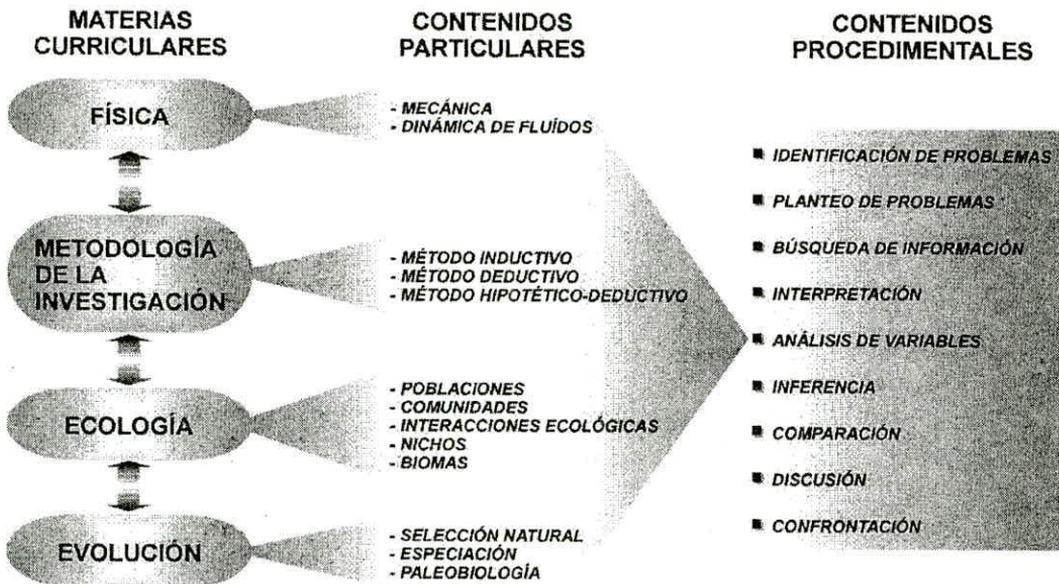
ción de los problemas planteados el alumno recurrirá a la investigación bibliográfica, la comparación (de características ambientales, climáticas, geográficas, morfológicas, fisiológicas, etc), el análisis de las distintas variables implicadas, la deducción, la inferencia, etc. Por otra parte, el docente podrá fomentar la cooperación entre los alumnos en la realización de las tareas, incentivando la discusión y la presentación de puntos de vista diversos, que conduzcan a explorar el espacio del problema y para confrontar distintas resoluciones (Pozo *et al.*, 1994). Una vez que los alumnos hayan identificado, planteado y seleccionado diferentes problemas de todo el universo de posibilidades, sugerimos que, de acuerdo con García *et al.* (1993), el profesor seleccione él o los problemas de acuerdo a los objetivos planificados previamente, para garantizar su conexión con los conocimientos básicos exigidos en la programación prevista para el nivel y la materia de que se trate. De este modo, si el docente estuviese interesado en que los alumnos adquiriesen conocimientos relacionados a la dinámica de los fluidos, seleccionará las preguntas 4, 5, 6 y 7 entre las presentadas a modo de ejemplo. Por el contrario, en caso que los objetivos planificados por el docente fuesen "conocer la anatomía del esqueleto axial y apendicular de peces sarcopterigios y de anfibios", trabajará a partir de las preguntas 8, 9 y 11, observando los esqueletos axiales y apendiculares de peces sarcopterigios y anfibios actuales (salamandras), de sarcopterigios antecesores de los primeros anfibios y de anfibios primitivos (*Ichthyostega*). Así, podrían realizarse observaciones de columna vertebral (regiones diferenciadas, curvaturas, etc), cintura escapular (su relación con el cráneo, etc.), cintura pélvica (su relación con la columna vertebral, etc.), miembros anteriores y posteriores (conformando aletas, conformando miembros caminadores o miembros adaptados al salto, ausencia y/o presencia de falanges, etc), caja torácica, etc. A partir de ellas podrían establecerse comparaciones entre las formas actuales (pez/anfibio), entre las formas primitivas (pez/anfibio) y entre las formas primitivas y las actuales (pez/pez, anfibio/anfibio). No obstante, el docente debe permitir y conducir la reformulación del problema a lo largo del proceso de investigación (Steinmann *et al.*, 2001).

Queremos destacar, que si bien la situación problemática general que planteamos estaría actuando como un agente disparador, la motivación real y concreta del alumno sería que él mismo estaría generando su línea de investigación, ya que la misma se derivaría a partir de su o sus propias preguntas. La posterior investigación se llevaría a cabo a través de la indagación bibliográfica e informática, de la consulta a docentes y especialistas en los temas específicos, etc.

Esta propuesta metodológica permitiría, al decir de Lack (1997), la realización de investigaciones extendidas; más oportunidades para que

los alumnos sean creativos y seleccionen sus actividades, una reducción en amplitud y profundidad de la memorización del conocimiento requerido, la inclusión de nuevos temas movilizadores, etc.

Cabe destacar, que la aplicación de esta metodología rompe el mito tradicional de la organización de los contenidos en un esquema jerárquico y / o de las estructuras disciplinarias. Por el contrario, permite la introducción de nuevas perspectivas de estudio y de resolución de situaciones y problemáticas histórico-conceptuales, plagadas de cuestionamientos y de hipótesis alternativas.



Esquema de las materias curriculares, sus contenidos particulares y contenidos procedimentales.

Bibliografía

- Benton, M. J. 1995. *Paleontología y Evolución de los Vertebrados*. Tercera edición. Editorial Perfiles.
- Busquets, D. M.; Cainzos, M.; Fernández, T.; Leal, A.; Moreno, M. y Sastre G. 1993. *Los temas transversales: claves de la formación integral*. Madrid. Santillana/Aula XXI.
- Cañal, P. 1987. Un enfoque curricular basado en la investigación. *Investigación en la Escuela*, (1): 43-50.
- Claxton, R. 1991 *Educating the inquiring mind: the challenge for school science*. New York. Harvester Wheatsheaf.
- Curtis, H.; Barnes, S.; Schnek, A. y G. Flores, G. 2000. *Biología*. Sexta Edición en español. Editorial Panamericana.
- García, E. y García F. 1993. *Aprender investigando: una propuesta metodológica basada en la investigación*. Sevilla. Diada editora.
- Hickman, C. P.; Roberts, L. S. y Parson, A. 1998. *Principios Integrales de Zoología*. Cuarta edición. Mc. Graw-Hill-Interamericana.
- Ortíz, F.; Santo, M.; Orlando, S. y Morando, M. 1994. Experiencias en la enseñanza de física para alumnos de las ciencias biológicas. *Memorias de las II Jornadas de Enseñanza de la Biología*. pp. 171-175.

- Pozo, J.; Gonzalo, I. y Postigo Y. 1994. Las estrategias de aprendizaje como contenido procedimental. *Memoria de Investigación*. Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Madrid.
- Pozo, J.; Pérez Echeverría; M.; Domínguez; Y.; Gómez Crespo, M. y Postigo Y. 1994. *Solución de problemas*. Madrid. Santillana/Aula XXI.
- Pozo, J.; Postigo, Y.; y Cómez Crespo, M. 1995. Aprendizaje de estrategias para la solución de problemas en ciencias. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*. (5): 16-26.
- Ramírez, I.; Gil, D.; y Martínez Torregrosa. 1994. *La resolución de problemas de física y de química como investigación*. Madrid, Servicio de Publicaciones CI-DE/MEC.
- Rivero, J. A. 2000. *Principios de Evolución Orgánica*. Primera edición. Editorial de la Universidad de Puerto Rico.
- Romer, A. y Parsons, T. 1983. *Anatomía Comparada*. Quinta edición. Nueva Editorial Interamericana. S.A. México.
- Steinmann, A.; Provencal, M.; Priotto, J. y Polop, J. 2001. Propuesta metodológica en el desarrollo de la asignatura "Anatomía Comparada", de la licenciatura en Ciencias Biológicas. *Revista de Educación en Biología*.