

ENSEÑAS EN EL CAMINO DE APRENDIZAJE DE BIOLOGÍA EVOLUTIVA: FUNDAMENTOS, PROPUESTA Y RESULTADOS

Eréndira Álvarez Pérez
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

RESUMEN: Se presenta una propuesta didáctica de biología evolutiva dirigida a la formación de biólogos. El enfoque de investigación e intervención educativa es el de “núcleos problemáticos”, cuya premisa central es que las dificultades didácticas tienen diferentes fuentes de origen, una de las cuales es la naturaleza de la disciplina a enseñar. De cara a los cuestionamientos y a la expansión del paradigma evolutivo dominante en el siglo XX, la teoría sintética, los profesores enfrentan el reto de seleccionar y situar teóricamente los conocimientos de este sistema de modelos complejo y efervescente para explicar fenómenos evolutivos. En atención a esta dificultad, se plantea como herramienta epistemológica el *Conceptuario*, con el cual se han obtenido resultados alentadores.

PALABRAS CLAVE: didáctica, biología evolutiva, *conceptuario*, andamiaje epistemológico, enseñanzas, camino de aprendizaje.

OBJETIVOS: Exponer fundamentos y resultados de una propuesta didáctica de biología evolutiva dirigida a biólogos en formación que se ha implementado en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Presentar el *Conceptuario* como un andamiaje epistemológico sobre el cual los alumnos construyen conceptos nodales de este fecundo campo de conocimiento.

MARCO TEÓRICO

En didáctica de biología evolutiva (DBE), gran parte de la investigación reportada en la literatura especializada se ha centrado en ideas, creencias, dificultades del sujeto que aprende. Abundan artículos sobre “ideas previas”, “concepciones alternativas”, “cambio conceptual” (Ayuso y Banet, 2002; Kampourakis 2007; Brumby, 1984; Bisop y Anderson, 1990, por citar algunos) y, en menor medida, sobre obstáculos epistemológicos (González Galli, 2011). Se ha escrito menos sobre cómo influye a la hora de enseñar la complejidad intrínseca de este campo de conocimiento que nació polémico y que se ha expandido de forma vertiginosa en las últimas décadas. Menos aún se encuentran con facilidad investigaciones que consideren y agrupen sistemáticamente las interacciones entre los actores del proceso educativo, los fines, los contenidos, la metodología didáctica, la evaluación y las disciplinas asociadas a cada arista del sistema didáctico. Prácticamente todos los estudios se centran en la enseñanza y el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, y sólo raras excepciones señalan el problema didáctico que implica la expansión de la biología evolutiva (Folguera y González Galli, 2012), sentido en el que apunta el *Conceptuario*.

En la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se ha planteado y puesto en marcha el *Enfoque de investigación e intervención didáctica de nudos problemáticos* (NUP). En ese marco se han realizado diversos proyectos de DBE para distintos grados escolares (Alvarez, 2015; Alvarez y Ruiz, 2015, Alvarez y Ruiz, 2016). Dicho enfoque es original en tanto ofrece un panorama amplio y organizado de las dificultades de diferente naturaleza que se presentan al enseñar y aprender biología evolutiva, con el objeto de identificar las fuentes de origen de los problemas que se conjugan y anudan en la interacción didáctica y actuar en consecuencia para orientar posibles soluciones. Uno de los principios del NUP es poner en relación resultados de investigaciones que se desarrollan con diversos enfoques y que alumbran distintas aristas de la interacción didáctica, especialmente el enfoque de obstáculos epistemológicos desarrollado para DBE por González Galli (2011). Otros enfoques que se están considerando para hacerse dialogar con el NUP en futuras investigaciones son argumentación (Revel Chion y Adúriz Bravo, 2005) y modelización (Adúriz Bravo, 2011).

Se pone de relieve un instrumento epistemológico de corte conceptual que se diseñó y puso en práctica para encarar el reto de formar biólogos con pensamiento evolutivo. En el marco de esta propuesta “[... el concepto científico es una herramienta intelectual que se presupone objetiva y que establece una relación lo bastante general e invariante entre los fenómenos como para permitir una previsión de resultados o de efectos. La historia del pensamiento científico muestra que la construcción de los conceptos no se caracteriza por un progreso lineal, sino por rupturas y continuas rectificaciones, en definitiva, por una especie de “revolución permanente”]” (Astolfi, 2001: 30).

El concepto científico como instrumento teórico para la interpretación de los fenómenos “funciona siempre en relación con otros conceptos teóricos y técnicos. Es un nudo dentro de una red de relaciones coherente y organizada y no un elemento situado al lado de otros por simple yuxtaposición. Así, la formulación de un concepto nuevo puede revelar contradicciones, permitir revelar las cuestiones de forma diferente en otros dominios, lo que implica “bucear” en las relaciones entre conceptos, una modificación de las definiciones. Existe, pues, una historia de los conceptos” (Rumelhard, G. 1986, citado en Astolfi, 2001: 31-32). En concordancia con Astolfi, el *Conceptuario* es un dispositivo de formación abierto, susceptible de reestructuras y variaciones, del que derivan tramas y estructuras conceptuales (cf. García, 2008) relacionadas con modelos centrales de la biología evolutiva contemporánea. El marco teórico de biología evolutiva de este proyecto consta de conceptos fundamentales que se organizan en la Figura 1.

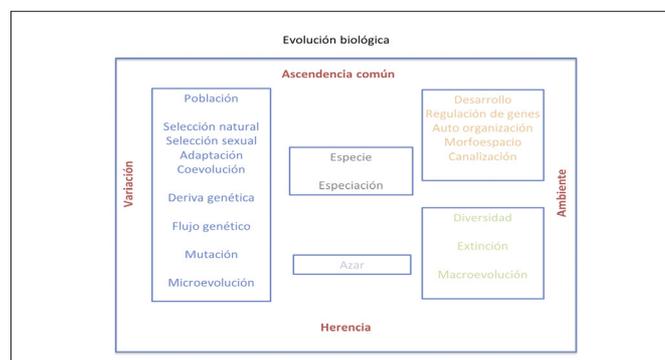


Fig. 1. Organizador epistemológico con conceptos nodales de biología evolutiva que sintetizan el marco teórico de la disciplina a enseñar en esta propuesta (Alvarez, Salas, *et. al.* Publicación en proceso). Los recuadros representan agrupación por mayor relación conceptual. Esta representación, entre otras, es motivo de discusiones continuas, colegiadas a la luz de este proyecto (Cf. Piglucci y Müller, 2010).

METODOLOGIA

En el panorama teórico actual de la biología evolutiva, sobresalen como núcleos teóricos: la variación, la herencia y las dinámicas evolutivas, como puntos de partida, a la luz de disciplinas como la epigenética y la biología del desarrollo, entre otras. En consecuencia, es preciso valorar cuáles de esos núcleos de conocimiento han de enseñarse y cómo hacerlo. Para avanzar en este sentido, cada uno de los alumnos del curso de Evolución de la carrera de Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, que imparte la que suscribe, elabora un *Conceptuario*, que se caracteriza por contener:

- Definiciones textuales de diversos autores de los conceptos que están agrupados en la Figura 1, las cuales extraen de la literatura que se usa en el curso y de las que ellos encuentran pautadas y filtradas por los profesores.
- Una construcción conceptual que el alumno elabora sobre el andamiaje de las citas textuales, que en general son más de tres, lo visto en clase y su propia interpretación.
- Un concepto a mayor profundidad, del cual elaboran una estructura conceptual que presentan en un simposio de alumnos al final del semestre, para lo que disponen en general de 5 minutos.

Los alumnos hacen el *Conceptuario* en archivos electrónicos que quedan a disposición de todo el grupo al final del curso. En relación con la disciplina a enseñar, para la elaboración de este instrumento se parte, entre otras, de las siguientes premisas:

La formación de pensamiento evolutivo requiere construcción conceptual cuyo andamiaje se forma a partir de literatura seleccionada en la que se busca:

- Identificar conceptos previamente señalados por los profesores.
- Extraer citas textuales de autores representativos de la disciplina a aprender.
- Encontrar coincidencias, matices, diferencias en las definiciones de los autores citados.
- Hacer frente a certezas e incertidumbres que la literatura arroja.
- Construir conceptos y relaciones conceptuales.
- Relacionar conceptos nodales de cada modelo de explicación de los diversos fenómenos evolutivos.

La metodología consiste en identificar, analizar, comparar, relacionar, jerarquizar y conjeturar conceptos fundamentales de biología evolutiva con rigor teórico, a partir de: seleccionar y hacer dialogar definiciones textuales de las fuentes bibliográficas seleccionadas; identificar coincidencias, discordancias, énfasis, enfoques, zonas difusas y aristas polémicas de los temas en cuestión; cada alumno elabora la propuesta conceptual a la que le es posible llegar con las fuentes consultadas, la guía de los profesores y la decodificación e interpretación propia. Hasta donde se ha explorado en la literatura especializada de didáctica de las ciencias, es una metodología epistemológica novedosa para construir conceptos de forma sistemática en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Al resultado tangible de este andamiaje epistemológico se le ha denominado *Conceptuario*.

Lo principios teóricos, metodológicos e instrumentales que se entrelazan en esta propuesta consisten en reconocer y asumir que para aprender biología evolutiva es necesario leer, escribir, escuchar, hablar, comparar, jerarquizar, relacionar conceptos e identificar el o los modelos teóricos asociados a éstos; y actuar en consecuencia. Esto implica, hacer dialogar a los autores a partir de las definiciones que ofrecen, atender las enseñanzas que el profesor propone, identificar argumentos en cada caso y sacar conjeturas. Al recorrer este camino, los alumnos logran avanzar en la espiral de aprendizaje como se muestra en el siguiente inciso.

RESULTADOS

Se presentan a continuación, citas textuales de *Conceptuarios* elaborados por alumnos de la carrera de Biología de la UNAM, los cuales dan cuenta del aprendizaje de los conceptos en cuestión logrado por los estudiantes. Cabe resaltar que la comprensión que muestran los alumnos en estas elaboraciones conceptuales es notable dada la complejidad de cada tema y las frecuentes imprecisiones, y con frecuencia confusiones, que hay sobre éstos en la literatura, particularmente en los libros de uso frecuente, y aún en artículos especializados.

1. Especie. “Dada su connotación evolutiva, se acepta la definición de especie como el linaje o secuencia de poblaciones descendientes de un ancestro común, que evoluciona de forma separada de otras y con su propio papel y tendencias evolutivas. Puede considerarse que los demás conceptos de especie son más bien criterios para identificarlas”.
2. “La variación se refiere a la totalidad de diferencias en los seres vivos, la cual se da a distintos niveles: genotípico, fenotípico, poblacional y epigenotípico. Es promovida por las mutaciones y la variación epigenética, y constituye la base sobre la que actúa la selección natural”.
3. Auto organización. “Es el proceso de estructuración de un sistema natural (físico o biológico) dirigido por interacciones y procesos internos, sin que intervengan fuerzas del exterior. Ocurre en sistemas en los que la energía fluye continuamente, y actúa como un mecanismo evolutivo, al generar patrones de ordenamiento. Algunos consideran que la autoorganización es guiada por la selección natural, en tanto que otros la proponen como la creadora de los prototipos sobre la que ésta actúa. Si bien el surgimiento de organización en un sistema puede darse de forma espontánea, se requiere la acumulación de pequeños cambios que en conjunto darán origen a dicha organización. Por ello, se dice que el proceso de autoorganización tiene lugar a lo largo de amplios periodos de tiempo”.
4. Adaptación. “Proceso natural de cambio de las poblaciones a través del tiempo que resulta de un conjunto específico de variantes en un medio ambiente definido, teniendo como resultado la acumulación de cambios que favorecen la supervivencia y la reproducción al incrementar la eficiencia ecológico-fisiológica”.
5. Desarrollo. “Proceso compuesto por una secuencia ordenada de cambios en la diferenciación morfológica y funcional (a todos los niveles) que ocurren a lo largo del ciclo vital como resultado de la relación con el ambiente, factores genéticos y epigenéticos”.
6. Especiación. “Proceso evolutivo que, por medio del aislamiento reproductivo dentro de una especie ancestral, nuevos sistemas genéticos de mecanismos de cohesión evolucionan dentro de una población dando como resultado dos o más especies descendientes”.

En estas construcciones conceptuales puede observarse que, con el andamiaje epistemológico del *Conceptuario*, los alumnos hacen precisiones y conjeturas conceptuales actualizadas en este complejo campo de conocimiento. No son pocas las ocasiones en que superan definiciones frecuentes en los libros de mayor consulta. El análisis comparativo entre los cuestionarios pre y post instruccionales, que también forman parte de este modelo de trabajo, será motivo de futuras publicaciones.

Otro resultado particularmente significativo de esta propuesta didáctica es la generación del *Conceptuario* de profesores, proyecto que se sometió a dictamen y fue aprobado por el Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la UNAM para desarrollarse durante 2017, Proyecto “PE212517” *Enseñas en el camino de aprendizaje de biología evolutiva*. El cual se está llevando a cabo como resultado de discusiones colegiadas entre especialistas de biología evolutiva, historia, filosofía y didáctica de este campo de conocimiento, a la luz de la experiencia en investigación y docencia de los participantes del proyecto y de la biología evolutiva contemporánea.

CONCLUSIONES

Si un indicador de aprendizaje es la inquietud e interés que se despierta en los alumnos con los temas visto en clase, una de las consecuencias significativas de esta metodología epistemológica es que para un número importante de alumnos, el *Conceptuario* ha sido una actividad generadora de tesis de licenciatura para titularse como biólogos, cuya dirección estuvo a cargo de la que suscribe; por citar algunos casos: *Tipos y causas de la variación biológica: un análisis conceptual* (Hernández, 2011); *Evolución biológica y biología evolutiva: epistemología y didáctica* (Guzmán, 2013); *Evidencias de la evolución biológica: aprendiendo evolución desde la metodología científica* (Acosta, 2014); *Poblaciones en evolución: relevancia del pensamiento poblacional en el modelo darwiniano de evolución y su aprendizaje* (Guzmán, 2014). *Micro y macroevolución: análisis epistemológico comparativo* (Fregoso, tesis en proceso).

El *Conceptuario*, ha sido central en la impartición de 10 cursos de la materia de Evolución, de 2009 a la fecha. A la luz de los resultados obtenidos en esta trayectoria, es posible afirmar que esta herramienta genera condiciones de posibilidad para encarar el reto intelectual que requiere la didáctica de la biología evolutiva contemporánea. Tiende a: formar alumnos en la investigación epistemológica de esta disciplina; evitar la imagen de la ciencia acabada y a-problemática; poner de relieve el rigor teórico que requiere un científico; afinar la “mirada” para identificar textos de mayor robustez teórica: apuntalar la discusión informada; permitir al que está aprendiendo navegar en lo que llama Morán (1999) “océanos de incertidumbres” y pisar tierra firme en los “archipiélagos de certezas” que también ofrece el conocimiento científico.

Si bien para algunos alumnos esta tarea resulta compleja, la gran mayoría, reconoce el beneficio que les aporta. Hay una marcada tendencia a favor del aprendizaje de los alumnos que ponen mayor empeño en la elaboración de esta herramienta epistemológica respecto de los que no lo hacen y eso también se nota en el momento en que presentan el concepto a profundidad durante el simposio de alumnos. Los fragmentos textuales de los *Conceptuarios* que se citaron en la sección de resultados se seleccionaron de alumnos que tuvieron a lo largo del curso desempeños alto, medio y bajo. No obstante, como ahí se observa, hay avances importantes en la espiral de aprendizaje de un conocimiento que transformó la forma de ver el mundo, lo vivo, lo humano, que nació polémico, es integrador de la biología y está en efervescencia. Como es sabido, el reto de enseñarlo y aprenderlo es motivo de copiosas investigaciones en el mundo. Este artículo apunta al diálogo con pares y a continuar con la edificación didáctica en la que son particularmente importantes las enseñanzas en el camino de aprendizaje.

AGRADECIMIENTO

Al Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la UNAM para desarrollar, durante el 2017, el Proyecto “PE212517” *Enseñas en el camino de aprendizaje de biología evolutiva*, el cual se generó a partir de los fundamentos teóricos y los resultados de aprendizaje que se reseñan en este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, P. R. M. (2014). *Evidencias de la evolución biológica: aprendiendo evolución desde la metodología científica*. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- ADÚRIZ BRAVO, A. (2011). Fostering model-based school scientific argumentation among prospective science teachers. *US-China Education Review*, 8 (2), 718-723.

- ASTOLFI, J. (2001). *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla: Díada.
- ALVAREZ, P. E. (2015). *Conocimientos fundamentales de biología evolutiva: propuesta didáctica para educación secundaria*, Tesis Doctorado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM.
- ALVAREZ P. E. and RUIZ, R. (2015). "Proposal for Teaching Evolutionary Biology: A bridge between research and educational practice", *Journal of Biological Education*. DOI: 10.1080 / 00219266.2015.1007887.
- ÁLVAREZ, PÉREZ, E. y RUIZ, R. (2016). La biología evolutiva como eje de formación científica. En: Cuví, N, E., Sevilla, E., R. Ruiz y M. A. Puig-Samper (eds.). *Evolucionismo en América y Europa*. Ecuador: FLACSO, Ediciones Doce Calles, UNAM, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 429-447.
- BISHOP, B. y ANDERSON, C. (1990). "Students conceptions of natural selection and its role in evolution", *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), 415-427.
- BRUMBY, M. (1984). "Misconceptions about the concept of Natural Selection by Medical Biology Students". *Science Education*, 68 (4), 493-503.
- FOLGUERA, G. y GONZÁLEZ-GALLI, L. (2012). "La extensión de la síntesis evolutiva y los alcances sobre la enseñanza de la teoría de la evolución". *Bio-grafías: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 5 (9), 4-18.
- GARCÍA, M. J. V. (2008). "Hacia un modelo pedagógico contemporáneo". Tesis doctoral. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México.
- GONZÁLEZ GALLI, L. (2011). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires en el área de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Argentina.
- GUZMÁN, G. C. L. (2014). *Poblaciones en evolución: relevancia del pensamiento poblacional en el modelo darwiniano de evolución y su aprendizaje*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
- GUZMÁN, S. J. (2013). *Evolución biológica y biología evolutiva: epistemología y didáctica*. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- HERNÁNDEZ, M. V. R. (2011). *Tipos y causas de la variación biológica: un análisis conceptual*. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- KAMPOURAKIS, K. (2007). Students preconceptions about evolution: how accurate is the characterization as 'Lamarckian' when considering the history of evolutionary thought, *Science & Educations*, 16: 393-422.
- MORÁN, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Francia: UNESCO.
- PIGLIUCCI, M. and MÜLLER G. B. (2010). *Evolution—The Extended Synthesis*. Cambridge, Massachusetts: The MIT.
- REVEL CHION, A. y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2005). Estudios sobre la enseñanza de la argumentación científica escolar, en VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, Número extra, 1-5.