

Un cuento de misterio, el equilibrio de Hardy-Weinberg y la abducción: entre la adivinación y el olfato para inventar hipótesis Una propuesta didáctica para el aprendizaje de conceptos básicos de Genética de Poblaciones, mediada por un enfoque epistemológico

Manuel Alonso¹, Cristina Ambrosini², Carlos A. Stella³

Universidad de Buenos Aires, Ciclo Básico Común, ¹Departamento de Ciencias Biológicas, ²Departamento de Introducción al Pensamiento Científico. ³Universidad de Buenos Aires, Facultad de Medicina, Departamento de Bioquímica Humana. Buenos Aires, Argentina.

¹malonso@cbc.uba.ar; ²cristinaambrosini@gmail.com; ³cstella@fmed.uba.ar

Resumen

En este trabajo, se presenta una propuesta didáctica para la enseñanza de las ciencias a partir de una historia detectivesca. Con este recurso se pretende abordar mediante, una analogía, el aprendizaje de conceptos básicos sobre la teoría de las probabilidades y la combinatoria, la genética de poblaciones y el equilibrio de Hardy-Weinberg. Al mismo tiempo, se efectúa un estudio epistemológico acerca del razonamiento del investigador, apoyado en la inferencia abductiva, mediante el cual arriba a sus conclusiones. Se elaboró un cuento inspirado en *El colegio Priory* de Arthur Conan Doyle (1904), cuyo protagonista es Sherlock Holmes. El relato presenta una situación misteriosa a partir de la cual, el detective plantea una hipótesis, realiza su investigación, y finalmente confirma dicha hipótesis. La analogía elaborada permite utilizar un modelo concreto, basado en el misterio de las bicicletas, para abordar otro, sumamente abstracto, cuya comprensión requiere trabajar simultáneamente con conceptos biológicos y matemáticos, ambos de un gran nivel de complejidad. Por otra parte, proporciona la posibilidad de que los estudiantes analicen la actividad del científico en la construcción de hipótesis, mediante una perspectiva que traspone los cánones habituales de las inferencias inductiva y deductiva.

Palabras clave: Enseñanza con casos de misterios, Abducción, Analogías, Probabilidad y combinatoria, Genética de poblaciones.

Introducción

La enseñanza en contexto es un recurso motivador y facilitador para el aprendizaje de contenidos de disciplinas científicas (Bennet *et al.*, 2006). En contraposición con la enseñanza tradicional, se parte del estudio de un caso y, a partir de este, se abordan los contenidos científicos que se pretenden enseñar. Este abordaje puede comenzar, por ejemplo, con la propuesta de una historia de misterio, cuya resolución permite desarrollar las habilidades investigativas y despertar el interés de los estudiantes por diversas temáticas de la física y la química (Basso *et al.*, 2018), así como de la biología (Kazeni y Onwu, 2011). En este sentido, se encuentra el proyecto europeo TEMI (Teaching Enquiry with Mysteries), desarrollado con la finalidad de producir un cambio en el modo en que

se enseñan las ciencias naturales, la matemática y la tecnología (McOwan et al., 2016), y que ya ha producido un libro con este enfoque (Abels et al., 2016).

Ahora bien, la resolución de estos casos implica el dominio de conocimientos específicos provenientes de las ciencias naturales, así como el trabajo con teorías y modelos, dado que los cuerpos de conocimiento de las propias disciplinas están contruidos a partir que estos sistemas explicativos-interpretativos. Es decir que un enfoque integral para la enseñanza del tipo "enseñar investigación con misterios" debería incluir el estudio tanto de los contenidos específicos de la disciplina como de los epistemológicos que permiten aprender la construcción del sistema interpretativo mediante el cual se arriba a la resolución del misterio. Tal resolución demanda la utilización de información proveniente de distintos dominios del conocimiento; lo cual lleva a considerar la necesidad de que los estudiantes sean capaces de comprender la naturaleza multidisciplinaria de la ciencia (Osborne et al., 2003; citado en Avargil et al., 2012).

A partir de estas consideraciones, en este trabajo, se presenta una propuesta didáctica para la enseñanza de las ciencias basada en una historia detectivesca. Con este recurso se pretende abordar el aprendizaje de una temática específica de la biología, en el contexto de construcción de hipótesis y, eventualmente, de teorías científicas, a partir de la información que se recaba de la escena en la que transcurren los hechos. Se busca, así, que el abordaje del tema sea motivador, para lo cual, el relato propone una situación que despierta una intriga cercana a lo cotidiano del estudiante, ajena a los formalismos del discurso y de la abstracción que muchas veces caracteriza al pensamiento del científico de los libros de texto.

El **objetivo** específico de la propuesta se focaliza en introducir a los estudiantes, mediante una historia utilizada como analogía, en el aprendizaje de la genética de poblaciones; y, al mismo tiempo, efectuar un estudio epistemológico que los sumerja en el trabajo del investigador, basado en la inferencia abductiva, mediante el cual arriba a sus conclusiones. Cabe aclarar que la Genética de Poblaciones requiere no sólo conocimientos de las leyes de la herencia y su fundamentación, sino de la teoría de las probabilidades y de la combinatoria, temáticas cuyo aprendizaje también se plantean en este trabajo.

Desarrollo

La propuesta está dirigida a estudiantes que cursan las asignaturas Biología y Epistemología, en los primeros años de sus carreras universitarias. Se elaboró un cuento inspirado en *El colegio Priory* de Arthur Conan Doyle (1904), cuyo protagonista es Sherlock Holmes. El relato presenta una situación misteriosa: Holmes participa como espectador de una carrera de bicicletas en un colegio, y pretende averiguar la causa por la cual las bicicletas desarrollaron distintas velocidades. A partir de una observación que efectúa, plantea una hipótesis, comienza su investigación, y encuentra que la mitad de los neumáticos utilizados fueron donados por otra institución, lo cual confirma su hipótesis. A partir de este texto, se elaboró una secuencia didáctica para abordar el aprendizaje de conceptos básicos sobre la teoría de las probabilidades y la combinatoria, la genética de

poblaciones y el equilibrio de Hardy-Weinberg (H-W), y la abducción para el desarrollo de hipótesis de investigación.

1) *Actividades de introducción.*

Se propone la lectura de la historia de misterio. En el relato, no se hace referencia explícita a los conceptos de biología y de probabilidades y combinatoria, ni se menciona la formalización del pensamiento utilizado por el investigador.

2) *Actividades de desarrollo*

a) Interpretación del relato

Una vez leído, se solicita que proporcionen una explicación para la resolución de misterio. Esta explicación debe efectuarse desde dos aspectos:

i. *Teorías probabilística y combinatoria que permiten resolver el misterio.*

Esta actividad es clave, dado que tanto la resolución del caso planteado en el relato, como la posterior correlación con el contenido disciplinar demandan comprender probabilidad y combinatoria. Se lleva adelante un repaso de estos temas, y se efectúa una puesta en común para consensuar aquellos contenidos que son requeridos para resolver el misterio. Así, la utilización de un ejemplo concreto, como las ruedas de distinto tipo de las bicicletas, constituye un problema adecuado dado que son objetos conocidos y concretos. Asimismo, se propone calcular cuál sería la frecuencia de neumáticos de cada tipo, y si tal frecuencia se modificaría, al considerar que luego de cada carrera se desarmaran las bicicletas y los neumáticos se volvieran a montar en forma aleatoria.

ii. *El razonamiento abductivo.*

Este tipo de razonamiento explica de qué forma el detective llegó a plantear una hipótesis sustentable con los datos del caso, a partir de la cual logró resolver el misterio. Para ello, el docente formaliza el análisis del razonamiento efectuado por el investigador (Samaja, 1993): dada una regla y un cierto resultado, se obtiene un caso. Se compara este tipo de inferencia con la deducción y la inducción. De este modo, se puede establecer una discusión con los estudiantes para establecer la validez y pertinencia de cada uno de estos razonamientos en la resolución del misterio.

b) *Articulación entre el relato y el contenido disciplinar*

En este tipo de actividades, los estudiantes se enfrentan con el desafío de transferir y vincular los conocimientos específicos de la disciplina a nuevas situaciones. El docente hace explícito que el contenido del cuento es una analogía, y propone, entonces, relacionar el relato con el contenido disciplinar; en primera instancia, con la teoría de probabilidades y combinatoria, y con la genética clásica. La correspondencia entre los conceptos disciplinares y los utilizados en la historia se vuelca en una "Tabla de Correlación", actividad a la que subyace la utilización del Modelo Didáctico Analógico (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

Finalmente, se introduce la relación entre el equilibrio de Hardy-Weinberg y el misterio planteado en el cuento. Para ello, en primer lugar, se pueden repasar los conceptos de poblaciones y su relación con las leyes de la herencia. Al efectuar estas correlaciones, se propicia el trabajo en grupo y la puesta en común de la información circulante, que llevará a la construcción y comprensión del conocimiento objeto de aprendizaje, y al surgimiento de nuevos conflictos cognitivos y sus posibles resoluciones desde la teoría. Se plantea, así, el equilibrio de Hardy-Weinberg y se propone resolver un problema. Del mismo modo, se propone correlacionar las actividades del detective con el razonamiento abductivo.

3) *Actividades de cierre*

Despegados de la analogía, se plantean nuevos problemas o estudios de caso desde la genética de poblaciones, en cuya resolución se emplea la información aprendida. Aquí se puede saltar del estudio de la población ideal que plantea el equilibrio de H-W al estudio de una población natural y presentar problemas que incluyan mutaciones, flujo génico, ausencia de apareamiento al azar, selección natural, deriva génica. Asimismo, en esta instancia se puede sugerir la búsqueda de nueva información o la lectura de la bibliografía recomendada de casos provenientes de la historia de la ciencia, en los que se pueda analizar el razonamiento utilizado por el científico.

Discusión Y Conclusiones

La literatura policial y la ciencia están más cerca una de otra de lo que se cree comúnmente. La imagen del detective como un científico fue explorada en el campo de la Epistemología para caracterizar las distintas formas de los razonamientos y destacar la presencia de un tipo de razonamiento no deductivo, central para la elaboración de modelos y teorías, que Charles Sanders Peirce (1839-1914) llamó "abducción" (Ambrosini y Beraldi, 2018).

Los procedimientos deductivos ocupan un lugar central dentro de los modos de razonar, pero además del uso que las inducciones y analogías tienen en ciencias y epistemología, otro tipo de argumento no deductivo que reviste una importancia particular es el caso de las abducciones, también llamado "salto a la mejor explicación" o "retroducción". Peirce, pionero en las investigaciones sobre esta forma argumental, sostiene que la abducción es una de las tres formas de razonamiento (las otras dos son para él la deducción y la inducción), y se refiere a la figura del detective Sherlock Holmes (Sebeok y Sebeok, 1987), donde se aprecia la importancia de "este singular instinto a conjeturar".

Sobre la base de sus trabajos sobre psicología de la percepción, Peirce describe la formulación de una hipótesis como un acto de "sugestión abductiva" que irrumpe "como un relámpago" (Sebeok y Sebeok, 1987). Desde el punto de vista de una investigación científica, tal formulación es "el primer paso del razonador científico" y es el único paso que aporta una idea nueva, asimilada a la idea de un "olfato" para alumbrar una conjetura. Para Peirce, entre varias hipótesis, la mejor es la más simple, la más fácil y sencilla de probar.

En la abducción, la inferencia difiere de la inductiva y de la deductiva. Por ejemplo, a

partir de un síntoma, el médico abduce la enfermedad, de la huella en el vaso el detective abduce la causa del crimen o al asesino. En estos ejemplos, no se trata de la aplicación de una regla infalible porque la inferencia no es deductiva; en rigor, se parece más a la "adivinación" de hipótesis donde la imaginación tiene un papel central (Samaja, 1993). Lo loable quizás de este tipo de inferencia es que, a pesar de que no aporta una prueba absoluta —o válida en el sentido formal y deductivo—, sugiere una posibilidad. Esto no debe empañar, sin embargo, su importancia metodológica (Samaja, 1993). Por el contrario, según este autor, está en la base de todo proceso de investigación científica. La conclusión inferida es una posibilidad racional, en tanto es una consecuencia al menos probable o altamente probable.

La abducción puede ser entendida como la inferencia de un caso a partir de una regla y un resultado. De este modo, la abducción queda caracterizada como una inferencia o tipo de razonamiento, dado por su propia "estructura" lógica, que acompaña al hecho de obtener un caso partiendo de una regla y un resultado. Así, el caso no es otra cosa que el resultado de una creencia, la cual es aceptada a partir de los elementos dados en las premisas. Samaja (1993) resalta que el término "caso" es de linaje jurídico y designa a la "tipificación" de un hecho, de igual modo que el término "ley", que podría asociarse al de "regla". La conclusión según la cual "este fenómeno es un caso de tal ley" es precisamente una hipótesis.

En una inferencia deductiva, el razonamiento es:

- La combinación de neumáticos determina que las bicicletas corran a distinta velocidad (regla)
- Los neumáticos de las bicicletas han sido combinados de tres formas distintas (caso)
- Por tanto, podemos clasificar la llegada de las bicicletas en tres grupos (resultado)

De este modo, si las premisas son verdaderas, la conclusión necesariamente lo es.

En una inferencia inductiva, el razonamiento es:

- Los neumáticos de las bicicletas han sido combinados de tres formas distintas (caso)
- La llegada de las bicicletas se clasifica en tres grupos (resultado)
- Por tanto, el grupo en que lleguen las bicicletas depende de la combinación de los neumáticos (regla).

Es decir que, dado el caso y el resultado, se infiere la regla a costa de la pérdida de certidumbre, ya que la forma es inválida.

En cambio, en la abducción el razonamiento debe plantearse de este modo:

- El grupo en que llegaron las bicicletas depende de la combinación de neumáticos (Regla)
- Las bicicletas llegaron en tres grupos (resultado)

- Por tanto, las bicicletas presentan distintas combinaciones de neumáticos (caso)

Así, pues, dada una regla y un cierto resultado, se obtiene un caso.

En la bibliografía se encuentran numerosos ejemplos que proponen la utilización de casos policiales, con este sentido motivador. Muchos de ellos son protagonizados por Sherlock Holmes y son acompañados por la correspondiente explicación desde la disciplina específica. La lista es extensa; aquí, solo se mencionan algunos de estos enigmas relacionados con propiedades de las sustancias biológicas y medicinales, análisis cualitativo, química inorgánica y orgánica, y estudios forenses (Basso *et al.*, 2018). En este trabajo, trata de seguir esta misma línea de motivación, pero a la enseñanza de la temática biológica se suma el enfoque proveniente del pensamiento científico.

El cuento de misterio propuesto trata de introducir el equilibrio de H-W, que constituye un modelo que explica la evolución de una población biológica. La comprensión de este modelo demanda el uso de las probabilidades y combinatoria, así como el dominio de la genética clásica. Todas estas temáticas son de gran abstracción por lo que se hace necesario su tratamiento mediante analogías. En el relato, se distribuyen dos tipos de neumáticos al azar, pero el detective advierte una regularidad en el comportamiento de las bicicletas. El resultado siempre proporciona tres grupos distintos de bicicletas que se atribuyen a la distribución de los neumáticos en las mismas NpNd, NpNp, NdNd (donde Np es el neumático del colegio *Priority*, y Nd es el neumático donado al colegio). Esta distribución muestra en forma analógica al modelo que propone del equilibrio de Hardy Weinberg, la combinación aleatoria y la frecuencia constante de alelos —representados por las ruedas de las bicicletas—, en cada nueva generación de una población biológica formada por individuos diploides que se reproducen sexualmente. Una vez comprendido el modelo, se puede regresar a la analogía de las bicicletas para plantear una nueva situación que se corresponda con las poblaciones naturales. Para ello, el relato se completa con las siguientes posibilidades: a) la aparición de una nueva partida de neumáticos, b) un tipo de neumático se transforma en el otro y viceversa, c) el encargado de las bicicletas prefiere colocar en una bicicleta cierta combinación de neumáticos, d) alguno de los dos tipos de neumáticos se deteriora antes que el otro, e) la cantidad de ruedas se reduce considerablemente. Estas situaciones se correlacionan respectivamente con el flujo génico, las mutaciones, la ausencia de apareamiento aleatorio, la selección natural, y la deriva génica; condiciones características de las poblaciones naturales.

Cabe preguntarse, finalmente, si es pertinente transponer con fines didácticos este complejo modelo biológico-probabilístico-combinatorio y epistemológico a una realidad tan distinta como las bicicletas. La respuesta puede considerarse afirmativa, dado que la modelización es tan audaz y conjetural como las conclusiones del razonamiento abductivo. En este caso, la analogía propuesta permitiría utilizar un modelo concreto, como el misterio de las bicicletas, para abordar otro, sumamente abstracto, cuya comprensión requiere trabajar simultáneamente con conceptos biológicos y matemáticos, ambos de un gran nivel de complejidad. Por otra parte, proporciona la posibilidad de que los estudiantes analicen la actividad del científico en la construcción de hipótesis, mediante una perspectiva que traspone los cánones habituales de las inferencias inductiva y deductiva.

Referencias Bibliográficas

- Abels et al. (2016). *Book of Science Mysteries*. London: Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated.
- Ambrosini C. y Beraldi, G. (2018). *Pensar la ciencia hoy: La epistemología entre teorías, modelos y valores*: Buenos Aires: CCC Educando, 2da edición.
- Avargil et al. (2012). Teaching Thinking Skills in Context-Based Learning: Teachers' Challenges and Assessment Knowledge. *Sci Educ Technol*, 21:207-225.
- Basso et al. (2018). Improving the interest of high-school students toward chemistry by crime scene *investigation Chem. Educ. Res. Pract.* 19: 558-566
- Bennet et al. (2006). Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches to Science Teaching. *Science Education* 91 (3): 347-370.
- Galagovsky L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos Científicos y Modelos Didácticos en la enseñanza de Ciencias Naturales. El Modelo Didáctico Analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242.
- Kazeni, M. M. M. y Onwu, G. O. M. (2011). "Implementing a Context-Based Approach in the Teaching of Genetics. In Proceedings: Towards Effective Teaching and Meaningful Learning in Mathematics, Science and Technology". *ISTE International Conference on Mathematics, Science and Technology Education* 354-367 Mopani Camp in Kruger National Park, Limpopo, South Africa
- McOwan et al. (2016), *Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated, Final Report*. Disponible en: http://cordis.europa.eu/result/rcn/192675_en.html
- Samaja, J. (1993). *Epistemología y Metodología*. Elementos para una teoría de la investigación científica. Buenos Aires: Eudeba.
- Sebeok, T. y Umiker Sebeok, J. (1987). *Sherlock Holmes y Charles S. Peirce. El método de la investigación*. Barcelona: Paidós Comunicación.