

Las leyes de Mendel a través de una experiencia didáctica con ratones

Míguez Rodríguez, L.J.¹; de Paz Villasenín, C.² y González Rodríguez, C.³

¹I.E.S. “A Sardiñeira”. A Coruña, ²Facultade de Ciencias da Educación. Universidade da Coruña.

cdepaz@edu.xunta.es

RESUMEN

Se presenta una experiencia investigativa, basada en el estudio experimental del cruzamiento de 2 parejas de ratones (*Mus musculus*), con la que se pretende que los alumnos de de 1º de bachillerato en la materia de Ciencias para el Mundo Contemporáneo, redescubran las leyes de Mendel de forma experimental y colaborativa, tratando de conseguir un aprendizaje significativo en los contenidos relativos a la transmisión de los caracteres hereditarios. El conocimiento de dichos contenidos es imprescindible, para poder comprender y posicionarse sobre temas transcendentales en la sociedad actual como son: el cultivo de células madre, las terapias génicas, la clonación o la comprensión de la teoría de la evolución en general.

Palabras clave

Experiencias innovadoras, Indagación, Bachillerato, Herencia mendeliana, Genética

INTRODUCCIÓN

La materia de Ciencias para el Mundo Contemporáneo, se ha considerado desde la Didáctica de las Ciencias una materia estratégica para la formación científica de todos los ciudadanos y su incorporación como materia común en el Bachillerato, con la aprobación de la Ley Orgánica 2/2006, del 3 de mayo (L.O.E.), fue muy bien recibida por la mayoría de los sectores implicados en el mundo de la educación. De hecho revistas especializadas en este campo, como Alambique presentaron un monográfico en el que se recogen importantes contribuciones sobre el sentido que debe tener una materia de estas características, posibles contenidos que debe incorporar y diferentes formas de tratamiento de los mismos (Varios, 2006).

En concreto, la finalidad de esta materia común para el alumnado de todas las modalidades de bachillerato es: *“contribuir a que todas las personas posean un conocimiento científico funcional, susceptible de ser aplicado a contextos diversos; un conocimiento dinámico... que capacite para adaptarse y seguir el ritmo de la actualidad científica; un conocimiento que facilite el desarrollo de actitudes, como las de tolerancia y ausencia de dogmatismo, y que permita actuar como personas autónomas y críticas capaces de argumentar, justificar sus posiciones y participar activamente en la sociedad...”* (Decreto 126/2008, del 19 de junio). Es decir que debe perseguir consolidar la madurez intelectual de los alumnos, para conseguir que se integren como ciudadanos críticos y participativos en una sociedad más justa y equitativa. Para ayudar a conseguir dicho objetivo, se incorporaron a su currículo entre otros contenidos los

relacionados con la Genética ya que resulta ser en la actualidad un área de conocimiento estratégica, no solo en el mundo de las ciencias biomédicas, sino también en la industria, y es fácil imaginar la importancia que tiene el comprender los procesos de la herencia (mendelismo y genética molecular), en actividades como la terapia génica, el horizonte de la investigación con células madre, la clonación..., presentes ya en todos los campos intelectuales y productivos de la sociedad actual. Interés que puede hacerse extensivo a la evolución teniendo en cuenta que se trata de una teoría que explica la realidad que nos rodea, concretamente la diversidad de los seres vivos actuales y extinguidos, integrando en ella al ser humano (García Barros, 2007).

Todos ellos encierran contenidos muy importantes para la sociedad actual, pero complejos y abstractos, que para su comprensión necesitan que el alumnado disponga al menos de unas ideas básicas sobre las que ir incorporando esos nuevos conocimientos (Sanmarti, 2000). Sin embargo la Genética se trata por primera vez en ESO, en la materia de Biología de cuarto curso de Secundaria, materia optativa en este curso. Por lo tanto no todos los alumnos de primero de bachillerato la han cursado, ya que proceden de diferentes itinerarios y opciones, lo que conlleva que el alumnado va a afrontar su estudio con un nivel de partida muy diverso. Este hecho supone que la práctica docente va a presentar una mayor dificultad al tratar este tema, y va a requerir de estrategias metodológicas específicas.

Por otra parte, uno de los objetivos generales de esta materia señala que el alumnado debe conocer: *“los elementos de los procesos de investigación y las características de las explicaciones científicas, partiendo de sus problemas próximos a la experiencia, y ponerlos en práctica mediante investigaciones sencillas”* (Decreto 126/2008, del 19 de junio) y el conocido como informe Rocard indica entre sus recomendaciones: *“Improvements in science education should be brought about through the new forms of pedagogy: The introduction of the inquiry-based approaches in schools..”* (Rocard et al., 2007).

Todo ello, y nuestra experiencia docente con este tipo de actividades (De Paz Villasenín y Míguez Rodríguez, 2008; Míguez Rodríguez, De Paz Villasenín y González Rodríguez, 2012) es lo que nos ha motivado a desarrollar esta propuesta didáctica basada en una metodología investigativa, para llevar a cabo la enseñanza de la Genética con el alumnado de Ciencias para el mundo contemporáneo, buscando un enfoque “comunicativo” que permita afrontar las nuevas necesidades sociales (Martínez Salvá y Latorre, 1998), y que pueda resultar lo suficientemente versátil como para utilizarse también simultáneamente en niveles educativos diferentes.

Dicha propuesta se desarrolla mediante la realización de trabajos teórico/prácticos que invitan a la indagación y ofrecen a los alumnos la posibilidad de trabajar de modo semejante a como lo hacen los científicos (Caamaño, 2012), tratando de este modo de que superen muchas de las ideas previas que tienen sobre los procesos hereditarios (Word-Robinson, 1994), ya que sin duda los alumnos construyen sus ideas de ciencia a partir de su actividad, que sin duda ha de ser coherente con la actividad científica (Sanmartín, 2002). También se pretende facilitar la comprensión de la información que proporcionan los libros de texto, no siempre planteada de forma adecuada, ya que olvidan a menudo las ideas clave al enfatizar en aspectos excesivamente descriptivos (Martínez Gracia, Gil Quilez y Osada, 2006).

Finalmente se ha considerado oportuno abrir la propuesta a la participación de otros contextos educativos y sociales para que puedan seguir y participar en la marcha de la experiencia, y para ello se ha dotado al proyecto de una actividad complementaria que implica el uso activo de las

TICs, lo que también facilita que el alumnado logre otro de los objetivos del currículo de esta materia: “*Utilizar eficazmente y con responsabilidad las tecnologías de la información y de la comunicación*” (Decreto 126/2008, del 19 de junio).

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

La propuesta didáctica se llevó a cabo con los estudiantes de 1º de Bachillerato del IES “A Sardiñeira” (Figura1), y los alumnos que participan han estudiado los principios teóricos de las leyes de Mendel y su desarrollo formal, pero ahora nuestro interés se centra en que descubran como realizando sus propios cruzamientos los resultados por ellos obtenidos son los mismos que los que obtuvo Mendel en los suyos. Es decir que en un proceso de herencia dominante, cruzando dos individuos de raza pura para un carácter se obtiene una descendencia homogénea, donde el 100% de los individuos son iguales e híbridos (primera ley), y que del cruzamiento de dos de estos híbridos se obtiene una descendencia donde estadísticamente el 75% manifiesta el fenotipo dominante y el 25% lo hace con el recesivo.

La experiencia tiene su base en la idea original de la empresa Xaraleira (xaraleira.com), dedicada a la cría de micromamíferos, de proporcionar a los centros educativos que decidieron participar un “Kit de roedores (*Mus musculus*)”, comprometiéndose además a su recogida una vez terminada la experiencia. Dicho kit está compuesto por: dos jaulas con una pareja de roedores cada una, sustrato, pienso especialmente formulado y un cómic, a modo de unidad didáctica de partida, titulado “La historia nunca contada de Mendel” en cuya elaboración también hemos participado (De Paz, Vilaboy y Tomás, 2011). Este documento se utiliza en la experiencia como guía y cuaderno de notas; presenta una alternativa ficticia que orienta a los estudiantes, quienes deben completar la historia aportando los resultados de sus observaciones experimentales. Este es, precisamente, el planteamiento de partida que se propone a los estudiantes.

En todos los centros participantes, y en concreto en el nuestro, la experiencia comienza con la llegada al aula de las dos jaulas con las dos parejas de ratoncillos, todos ellos de color de pelaje entero (sin manchas) y de ojos negros. En ese momento se les entrega también el comic para su lectura y les presentamos brevemente la investigación que van a llevar a cabo y que se va a centrar en cómo transmiten los ratoncillos ambos caracteres a sus descendientes y para ello deben de cuidar a los animales, observarlos de forma minuciosa para comprobar sus cambios, pesarlos, medirlos, fotografiarlos, etc.



Figura 1. Grupos de alumnos que llevaron a cabo la experiencia.

En primer lugar se les indica, que deben hacerse cargo de los animales para sus cuidados diarios y la adecuación de los mismos en el laboratorio, su nuevo hogar. Inmediatamente y casi de forma espontánea, se organizan en pequeños grupos (3 o 4) y se reparten las tareas relacionadas con la limpieza, con el registro de datos biométricos y también se les propone la organización de visitas de los alumnos de 4º de ESO al laboratorio para que observen los ratoncillos, ya que en dicho curso también se trata este tema.

A partir de este momento se da por iniciada la experiencia. Al tratarse de un proyecto con orientación indagativa, se aprovechan ya estos primeros contactos, para estimular en los estudiantes la observación y que registren las características fenotípicas observables de los roedores centrando la atención los caracteres a estudiar: la presencia de pelaje con color entero o “roto” (con manchas) y en el color de ojos. A partir de esas observaciones, se les sugiere que traten de formular sus propias hipótesis, sobre las características que presentará la descendencia de las parejas A y B (Tabla 1). Para ello deberán de informarse sobre la forma de transmisión de los caracteres que les permita construir una hipótesis argumentada.

De entre las hipótesis propuestas la mayoritaria es la que plantea que los ratones obtenidos tendrían ojos negros y pelaje entero, argumentando, según sus investigaciones, que en el perfil genético de la especie, el carácter “ojos negros” domina sobre el carácter “ojos rojos”, respecto al pelaje, el carácter “entero” domina sobre el “roto”.

Para poder intercambiar información sobre la marcha de la experiencia con los otros centros, los alumnos de cada grupo publicaron en su blog, artículos de periodicidad semanal y realizaron pequeños vídeos que fueron publicados en Youtube y Vímeo, e incluso se dispuso una emisión de vídeo en streaming en tiempo real, que permite visitar virtualmente una de las jaulas incluso durante los fines de semana.

Una vez que los ratones tuvieron descendencia y se conoce el color de los ojos y las características del pelaje (Tabla I), se está en disposición de poner a prueba las hipótesis que los diferentes grupos han sugerido.

Color de los ojos	Ratones de pelaje entero				Ratones de pelaje roto			
	Macho		Hembra		Macho		Hembra	
	Negros	Rojos	Negros	Rojos	Negros	Rojos	Negros	Rojos
Descendencia pareja A	4	-	4	-	1	-	1	-
Descendencia pareja B	2	-	-	2	1	-	1	-
Total de descendencia parejas A y B	6	0	4	2	2	0	2	0

Tabla 1. Combinaciones fenotípicas y frecuencias observadas en la descendencia de las dos parejas de ratones del IES A Sardiñeira.

A la vista de los resultados obtenidos se deduce que, la hipótesis mayoritaria manejada por los alumnos no se cumple, ya que aparecen otros fenotipos, además de los esperados, y que estos no responden a ninguna de las leyes de Mendel.

En este momento el papel orientador del profesor es fundamental, para sugerir que es frecuente que en las camadas que suelen constar de 6 a 12 individuos no estén presentes ni todas las combinaciones fenotípicas posibles, ni sus proporciones, lo que suele sorprender a un buen número de estudiantes. Por ello, es necesario insistir que para que se produzca una adecuada correlación entre resultados observados y esperados, y poder confirmar o no sus hipótesis, se requiere un número de datos mayor del proporcionado por las dos parejas de ratones en el período de duración de la experiencia, que se sitúa entre uno y dos meses. Esta razón justifica la necesidad de incorporar los datos provenientes de los otros centros educativos que desarrollaban la experiencia, para proporcionar una mayor significación estadística y la posible aparición de todas las combinaciones de fenotipos esperadas en la F1 para dos caracteres independientes, y sus proporciones, que en definitiva permiten comprobar la coincidencia de datos con los obtenidos por Mendel.

	Ratones de pelaje entero				Ratones de pelaje roto			
	Macho		Hembra		Macho		Hembra	
Color de los ojos	Negros	Rojos	Negros	Rojos	Negros	Rojos	Negros	Rojos
Descendencia pareja A	4	-	4	-	1	-	1	-
Descendencia pareja B	2	-	-	2	1	-	1	-
Total de descendencia parejas A y B	6	0	4	2	2	0	2	0
Total de descendencia de los Centros estudiados	87	29	54	20	36	13	18	6
% de descendencia de las parejas A y B, con respecto al Total	6,87 %	0%	7,40 %	10 %	5,55 %	0%	11,11 %	0%

Tabla 2. Combinaciones fenotípicas y frecuencias observadas en el IES A Sardiñeira frente al total acumulado en los 21 centros educativos en los que se llevó a cabo la experiencia.

De hecho, si nos hubiésemos atendido solamente a los datos de la experiencia llevada a cabo en nuestro centro (Tabla 1) los fenotipos correspondientes a los machos de pelaje entero y roto de ojos rojos, y las hembras de pelaje roto y ojos rojos hubieran pasado desapercibidos, sin embargo se manifestaron en otros centros (Tabla2).

De esta forma los alumnos comprueban que si bien su hipótesis era falsa, al unir sus datos con los obtenidos por los demás centros, el resultado responde a la segunda ley de Mendel, y por lo tanto los progenitores eran híbridos, y no razas puras como suponían al plantear su hipótesis.

También comprueban que el número de muestras es importante a la hora de realizar la experiencia, y que los resultados son más significativos, cuanto mayor es el número de parejas de ratones que participan en la experiencia, ya que de esta forma se manifiestan todos los fenotipos posibles con sus potenciales combinaciones.

CONCLUSIONES

La experiencia llevada a cabo, ha ayudado a comprender a los estudiantes cómo se produce la herencia de determinados caracteres y a conseguir argumentos para justificar que las Leyes de la herencia se cumplen también en especies con poca descendencia (como nuestra especie), pero que para ello no basta con el estudio de pequeñas muestras (hermanos, primos...), sino que es necesario plantear investigaciones más amplias, que recojan la información de poblaciones, etc.

En el siguiente curso, los alumnos que habían realizado la experiencia fueron requeridos para responder a una encuesta, planteada para saber en qué medida habían realizado un aprendizaje significativo, y conocer cuál era su grado de satisfacción. Entre las cuestiones propuestas había tres para determinar si eran capaces de reproducir el protocolo de trabajo, otras dos estaban planteadas para comprobar si eran capaces de utilizar de forma correcta los contenidos de genética trabajados en la propuesta, y las demás estaban referidas al grado de satisfacción, organización del trabajo, trabajo en equipo y también sobre el manejo de las TICs.

Los resultados mostraron que las máximas puntuaciones recayeron sobre el grado de satisfacción, y sorprendió comprobar que todos los encuestados eran capaces todavía de reproducir las pautas de trabajo, justificando cada una de ellas.

También muchos de ellos movilizaron de forma bastante ágil los contenidos que se solicitaban en las cuestiones planteadas. Por último, y en cuanto a la sugerencia para mejorar la actividad, la respuesta unánime fue que se prolongase para conocer los fenotipos de la segunda generación.

Estos resultados, aunque debemos de tomarlos con cautela, nos muestran que la propuesta no solo ha conseguido motivar a un alumnado muy diverso en una temática compleja, sino que además han conseguido alcanzar un nivel de conocimiento en el tema inesperadamente alto, con lo cual la experiencia se está manteniendo en la actualidad.

BIBLIOGRAFÍA

Caamaño, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? *Alambique*, 70, 83-91.

De Paz Villaseñín, C. y Míguez Rodríguez, L. (2008). *Huellas moleculares de la evolución celular, la teoría endosimbiótica*. Comunicación presentada en el XXIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Almería.

De Paz, C.; Vilaboy, J. y Tomás X. (2011). *A historia nunca contada de Mendel*. A Coruña, Educa Barrié. Xaraleira.

Decreto 126/2008, del 19 de junio. Por el que se establece la organización y el currículo del bachillerato en la Comunidad Autónoma de Galicia. DOG. N° 120

García Barros, S. (2007). Evolución. En Dominguez Castiñeiras J.M. (Ed.). *Actividades para la enseñanza en el aula de ciencias*. (pp. 85-118). Argentina, Universidad Nacional del Litoral.

Martínez Salvá, F.A. y Latorre A. (1998). La alfabetización científica de personas adultas: un

enfoque comunicativo. *Enseñanza de las Ciencias* 16 (2), 251-260

Martínez Gracia, M.V.; Gil Quilez, M. y Osada, J. (2006). Análisis of molecular genetics content in spanish secondary school textbooks. *Journal of Biology Education*, 40 (2), 53-60

Míguez Rodríguez, L.; De Paz Villasenín, C. y González Rodríguez, C. (2012). *¿Cómo influye el clima y sus variaciones en el crecimiento de las hojas de los árboles?*. Comunicación presentada en los XXV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Santiago de Compostela.

Rocard.M.; Csermely P.; Jorde D.; Lenzen D.; Walberg-Henriksson H.; Hemmo V. (2007). Science education Now: A Renewed Pedagogy for the future of Europe. European Communitis (<http://goo.gl/j2Drtw>).

Sanmartín, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid, Síntesis educación.

Varios. (2006). Ciencias para el mundo contemporáneo. *Alambique*, 49, 5-92.

Word-Robinson, C. (1994). Young people ideas about inheritance and evolution. *Studies in Science Education*, 24, 29-47.