

ALGUNAS IDEAS DEL ALUMNADO DE SECUNDARIA SOBRE CONCEPTOS BÁSICOS DE GENÉTICA

CABALLERO ARMENTA, MANUELA

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad Complutense de Madrid
lola.caballero@edu.ucm.es

Resumen. Las ideas previas del alumnado inciden de una manera muy directa en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este trabajo se muestran las que tienen algunos alumnos de educación secundaria sobre determinados conceptos de genética y sobre otros aspectos relacionados con el aprendizaje de esta disciplina.

Palabras clave. Ideas previas, concepciones alternativas, conceptos de genética.

Some Secondary Pupils' Preconceptions of Basic Concepts

Summary. Pupils' preconceptions very directly affect the education learning process. This paper includes those that some secondary pupils have about certain genetics concepts and other aspects related to learning in this discipline.

Keywords. Preconceptions, alternative conceptions, genetics concepts.

MARCO TEÓRICO

Importancia de las ideas previas del alumnado

Cuando los estudiantes afrontan el aprendizaje de nuevos contenidos, en especial los de carácter científico, no tienen un total desconocimiento acerca de los mismos. A través de diversas fuentes han estado recibiendo información sobre ellos y han construido sus propias concepciones, más o menos acertadas y que pocas veces suelen coincidir con las que se consideran correctas.

Al estar muy arraigadas en el alumnado, es importante tener en cuenta el papel que estas ideas iniciales ejercen sobre la asimilación de conocimientos ratificados por la ciencia. Estas consideraciones sirven de punto de partida para realizar una reflexión sobre diversos aspectos que inciden directamente en el aprendizaje y en la enseñanza de las ciencias. Dichos aspectos pueden referirse a los conceptos en sí, a la forma de enseñarlos y a la manera de evaluarlos, entre otras consideraciones.

Si queremos determinar el momento en el que surgen las ideas previas como objeto de investigación sobre enseñanza de las ciencias, debemos remontarnos a las aportaciones que hicieron Piaget (1975, 1981) e Inhelder y Piaget (1972). En esta línea, Driver y Esley (1978) señalan que el trabajo de Piaget propició la aparición de diversos enfoques en la investigación en el campo del aprendizaje de las ciencias, pero fueron los trabajos de estos dos autores y de otros como Viennot (1979) y McDermott (1984) los que contribuyeron de manera significativa a establecer la importancia que tiene para el profesorado saber con la suficiente antelación cuáles son las concepciones con las que los estudiantes llegan a sus aulas, sobre todo en lo que respecta a nociones y procesos científicos. A partir de ese momento, la investigación sobre las ideas previas ha sido bastante prolífica, principalmente en el área de la física pero sin olvidar otras disciplinas científicas como la química y la biología. Diversos autores, entre los que cabe destacar a Pfund y Duit (1998), se encargaron de realizar una extensa revisión bibliográfica al respecto, y en España se pueden señalar las interesantes aportaciones de Banet y Ayuso (1995).

Es acertado afirmar que las numerosas investigaciones realizadas sobre las ideas que poseen los alumnos acerca de determinados conocimientos de ciencias de la naturaleza coinciden en que existen marcadas diferencias entre los conceptos científicos y aquello que al respecto tienen los alumnos en sus mentes.

Estas ideas que poseen los estudiantes sobre la realidad científica del mundo que les rodea, siendo más o menos acertadas, han sido objeto de distintas denominaciones por parte de diversos autores: Ausubel las denominó *preconceptos*, Novak las llamó *concepciones erróneas*, Osborne y Freyberg apelaron a ellas como *ideas de los niños*, Pozo y Carretero las consideraron *concepciones espontáneas* y Giordan y De Vecchi las llamaron *representaciones*. Un término empleado en los últimos años es el de *«concepciones alternativas»* cuya utilización evita dar por sentado que todas las ideas que poseen los estudiantes están equivocadas, aunque puede sugerir que estas ideas son una segunda opción a otras. Una denominación muy aceptada, y fácilmente identificable por el profesorado, es la de *«ideas previas»* ya que hace referencia a una concepción que no ha sido transformada por la acción docente en las aulas.

Son varios los autores que, en relación con el constructivismo, señalan la importancia de las ideas previas (Posner, 1982; Resnick, 1983 y sobre todo Driver, 1986): lo que hay en el cerebro del que va a aprender es importante, los resultados del aprendizaje no son sólo la consecuencia de la enseñanza del profesor y de las actividades que realizan los alumnos ya que los conocimientos previos que tienen al respecto influyen de manera importante sobre las interpretaciones que hacen; encontrar sentido supone establecer relaciones, los conocimientos que permanecen un largo tiempo en la memoria se estructuran e interrelacionan de múltiples formas; quien aprende construye de manera activa significados, interpreta nuevas experiencias a partir de lo que ya se sabe y este co-

nocimiento inicial se termina por modificar; así, los estudiantes protagonizan su propio aprendizaje y se supone que deben construir su propio conocimiento. Las ideas previas pueden ser acertadas o erróneas, siendo esto último lo más frecuente. Si son erróneas, es necesario que se produzca un cambio conceptual que garantice el aprendizaje significativo de conceptos. Para Hewson (1981) este cambio conceptual puede producirse de tres formas distintas: que exista incompatibilidad entre la idea previa y la nueva, pudiéndose producir el rechazo de ésta por requerir una importante reestructuración mental (no se produce aprendizaje) o una memorización de los nuevos conceptos (no se produce aprendizaje significativo); que la idea antigua se sustituya por la nueva pues ambas eran opuestas y es necesario un intercambio (se produce aprendizaje significativo); que se dé una mezcla de ambas, idea antigua y nueva, pues no son incompatibles (es lo que se conoce como *«captura conceptual»* y el aprendizaje que se produce es significativo).

Las implicaciones que para los profesores puede tener el conocimiento de las ideas previas de sus alumnos es, por tanto, de gran importancia y son varios los estudios que lo ponen de manifiesto. Por ejemplo, Jones, Carter y Rua (1999) señalan que los profesores que saben cuáles son las ideas previas de sus estudiantes favorecen en ellos un mejor aprendizaje. En la misma línea, Schoon y Boone (1998) muestran que cuando los profesores conocen que muchas de las ideas previas de los estudiantes coinciden con las suyas propias van adquiriendo una mayor confianza para enseñar contenidos científicos. De las investigaciones de Pozo y otros (1991) y Wandersee, Novak y Mintzes (1994) se deducen las características principales de las ideas previas.

Aunque queda mucho por investigar en el campo de las ideas previas que los estudiantes tienen en sus mentes antes de enfrentarse al aprendizaje de contenidos (Erickson, 2000 y Jenkins, 2000), es cierto que, paulatinamente y con mayor intensidad, los resultados obtenidos a partir de las investigaciones realizadas se ponen cada vez más a disposición del profesorado de ciencias. La puesta en marcha de diversos desarrollos curriculares ha demostrado la conveniencia de que los profesores tomen en cuenta las ideas previas de los estudiantes como punto de referencia, tanto para el planteamiento y diseño de actividades como para el desarrollo de estrategias de aprendizaje y de evaluación (Akker, 1998; Fensham, 2000). En este sentido, se extiende entre las editoriales la costumbre de incluir, en los textos destinados específicamente al profesor, listados de las ideas previas más significativas. También en esta línea varios autores han realizado valiosas aportaciones al dar a conocer las ideas previas de los estudiantes en determinadas áreas del currículo (Banet, 2000; Banet y Ayuso, 1995 y Banet y Núñez, 1990).

Algunas dificultades que se plantean en el aprendizaje de conceptos de genética

Una de las ramas de la biología que más ha avanzado y más se ha popularizado es la genética. El conocimiento del genoma humano, las posibilidades de obtener

clones humanos, los alimentos transgénicos, el uso del ADN en criminología o la determinación de paternidad son ejemplos de los muchos aspectos de la genética que están apareciendo cada vez con más frecuencia en los medios de comunicación. Es incuestionable el interés de la genética en este momento histórico, en el que cada día surgen nuevas noticias sobre sus avances en distintos ámbitos, sin olvidar sus repercusiones éticas y sociales. Por tanto, los ciudadanos deberán manejar estas informaciones para poder tomar parte activa en las discusiones que se generan en estos campos. Por todo ello, es importante que el alumnado de enseñanza secundaria no abandone las aulas sin haber conocido los principios elementales de la herencia de los caracteres biológicos (*genética*), la ubicación de los genes (*en los cromosomas*), la manera en la que se transmiten estos genes a la descendencia en sucesivas generaciones y la relación que existe entre la dotación genética y su manifestación externa en los individuos. Recordemos que Kuhn (1971) afirma que el dominio de la genética es fundamental para entender la teoría de la evolución, uno de los paradigmas de la biología puesto que los procesos de selección natural se desarrollan sobre una variación intraespecífica que tiene una base genética.

Se han realizado algunas investigaciones didácticas gracias a las cuales se ha puesto de manifiesto que los estudiantes tienen dificultades para entender muchos conceptos sobre genética, así como acerca de los mecanismos relacionados con la transmisión de la herencia biológica (Figini y Micheli, 2005). Se hace necesario reflexionar sobre el origen de los obstáculos que los estudiantes encuentran en el aprendizaje de esta materia, así como proponer metodologías innovadoras en la enseñanza de la genética (Caballero et al., 1997).

Muchas de las ideas previas que poseen los alumnos en este sentido responden a afirmaciones basadas en creencias populares que se han incorporado al lenguaje cotidiano, están fuertemente arraigadas y son difíciles de superar, tal y como indican Hackling y Treagust (1984), Engel Clough (1985) y Word y Robinson (1985). Igualmente se han detectado confusiones e interpretaciones incorrectas en el significado de la terminología específica de la genética y a este respecto cabe destacar las investigaciones de Collins y Stewart (1989), Brown (1990) y Albadalejo y Lucas (1988), en relación con el uso de los términos gen, alelo, carácter, locus, cromosoma y cromátida. Son también de gran interés las aportaciones llevadas a cabo por otros autores: Moll y Allen (1987) y Pashley (1994) presentan datos sobre la ubicación incorrecta de los alelos en los cromosomas por parte de los estudiantes; Radford y Stewart (1982), Smith (1990) y Brown (1990) ponen de manifiesto la confusión entre mitosis y meiosis; Hein (1991) detecta la interpretación incorrecta de los conceptos de *dominancia* y *recesividad*.

La genética es una de las ramas de la biología cuyo aprendizaje presenta más dificultades para los alumnos. Su interés en el momento actual es incuestionable en aras

de una correcta alfabetización científica, por lo que se hace necesario reflexionar sobre el origen de los obstáculos que los estudiantes encuentran en el aprendizaje significativo de esta materia.

La investigación en el campo de la didáctica de la genética se ha centrado especialmente en dos cuestiones: la asimilación y utilización incorrecta de conceptos genéticos y las dificultades en la resolución de los ejercicios y problemas de genética. En nuestra experiencia docente e investigadora, hemos detectado problemas análogos a los señalados por otros autores y por ello consideramos interesante realizar la detección de las ideas previas relativas a la genética que poseen los alumnos y saber si éstos tienen base suficiente para poder entender toda la terminología que se utiliza actualmente en esta disciplina, contribuyendo esto de manera positiva en su enseñanza y aprendizaje.

OBJETIVOS

En este trabajo, que constituye la primera parte de una investigación más amplia en el campo de la didáctica de las leyes de Mendel, se marcaron dos objetivos principales: detectar algunas de las principales ideas previas de los estudiantes de educación secundaria en relación con algunos conceptos básicos de genética; detectar aspectos conceptuales y escollos que pudieran incidir en la comprensión correcta de los contenidos de esta disciplina y en la realización de ejercicios y problemas sobre las leyes de Mendel.

De manera más específica, se delimitaron los siguientes:

- Corroborar el arraigo en el alumnado de determinadas ideas previas, algunas procedentes del lenguaje común, referidas a la herencia biológica, a los caracteres hereditarios y su transmisión y a su influencia como posibles obstáculos que dificultan la comprensión de la genética mendeliana.
- Poner de manifiesto dificultades en la comprensión de los tratamientos estadísticos, que pudieran comprometer de manera importante la asimilación de contenidos correctos sobre genética.
- Corroborar el desconocimiento u olvido sobre la reproducción de las plantas como uno de los elementos causantes de una comprensión deficiente de las leyes de Mendel.
- Conocer las definiciones que darían los estudiantes sobre conceptos básicos en genética antes de enfrentarse a la enseñanza y aprendizaje de este tema con el fin de detectar confusiones terminológicas.
- Revisar las definiciones que, sobre estos conceptos, aparecen en los libros de texto de secundaria más utilizados en las aulas en el momento de realizar la investigación.

METODOLOGÍA

Análisis del problema

Nuestra experiencia docente e investigadora nos había convencido de la dificultad que se presenta habitualmente en los estudiantes a la hora de tratar los contenidos sobre la herencia biológica, los caracteres hereditarios y su transmisión.

Existirían varias posibles causas para este problema que deseábamos constatar: las ideas previas de los estudiantes, algunas de ellas fruto del lenguaje común, estarían fuertemente arraigadas y actuarían como obstáculos que dificultan la comprensión de la genética mendeliana bloqueando la comprensión de los mecanismos de la herencia; se darían confusiones terminológicas en conceptos genéticos; las dificultades en la comprensión de los tratamientos estadísticos comprometerían enormemente la asimilación de la genética; los experimentos de Mendel tendrían una comprensión deficiente debido al desconocimiento u olvido sobre la reproducción de las plantas.

Selección de la muestra

La investigación que aquí se presenta se realizó en un colegio de la Comunidad de Madrid sobre una muestra integrada por 168 alumnos que cursaban primer curso del bachillerato unificado y polivalente (BUP), siendo las ciencias naturales en aquel momento (curso académico 1996-1997) una asignatura obligatoria para todos los alumnos y la genética mendeliana uno de los contenidos del currículo que debía ser impartido.

Actualmente los contenidos de genética se estudian por primera vez en cuarto curso de la ESO y después en el segundo curso de bachillerato. Nos ha parecido interesante dar a conocer a la comunidad científica los datos obtenidos en esta investigación puesto que pueden servir de referencia y como elemento comparativo entre los resultados de aplicar aquel sistema educativo y los que le han seguido en años posteriores, entre los que existen diferencias en la distribución de los contenidos de cada curso escolar. Esto puede ser objeto de futuras investigaciones.

En aquel momento, la autora de la investigación era la profesora encargada de impartir la asignatura de ciencias naturales al grupo de alumnos seleccionado.

Diseño y aplicación de los instrumentos de campo

Con el fin de detectar las principales ideas previas del alumnado objeto de estudio en relación con la genética, se elaboraron dos instrumentos. El primero fue un cuestionario en el que se recogían preguntas tanto de detección de preconcepciones como de conocimientos biológicos y de estadística que se deberían haber adquirido en cursos anteriores. El segundo consistió en una serie de definiciones que los estudiantes debían formular de la manera más concisa posible.

Cuestionario (Anexo I)

Se elaboró y validó para conocer las ideas previas de los alumnos respecto a diferentes conceptos de biología, genética y estadística elemental. Así, se formularon preguntas que aportasen datos sobre los siguientes elementos:

- preconcepciones relacionadas con la herencia de los caracteres biológicos
- conocimientos sobre características generales de los seres vivos
- conocimientos sobre reproducción en los seres vivos
- conocimientos básicos de estadística y probabilidad.

Para validar el cuestionario, éste se pasó previamente a un grupo de 15 alumnos que no participaron en el proyecto final. Su colaboración fue esencial a la hora de reestructurar el cuestionario inicial y desarrollar el definitivo, pues se pudo modificar la redacción de algunos enunciados que les resultaron de difícil comprensión.

Definiciones:

Con la intención de completar los datos, se pidió a los alumnos que, mediante respuestas de carácter abierto, definieran una serie de conceptos básicos en genética: *ADN, gameto, gen, cromosoma, alelo, factor y autofecundación*.

También se consideró interesante recopilar las definiciones que, sobre estos términos, aparecían en los libros de texto más utilizados en aquel momento en las aulas de secundaria (Anexo II).

Para completar la obtención de datos, también se pidió a los estudiantes que respondiesen de manera abierta a *dos preguntas de ampliación*: ¿Reside la herencia en la sangre? ¿Por qué? y ¿Por qué los hermanos no son totalmente iguales?

Los instrumentos se aplicaron antes de iniciar el tema sobre genética mendeliana previsto en la programación de aula. Durante una clase de 50 minutos, fueron cumplimentados de forma anónima por los alumnos, siempre en el horario habitual de clase para cada uno de los seis grupos en los que estaban divididos los 168 estudiantes.

En todo momento se procuró que la investigación interfiriera mínimamente en el desarrollo de la asignatura.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Análisis de los resultados del cuestionario

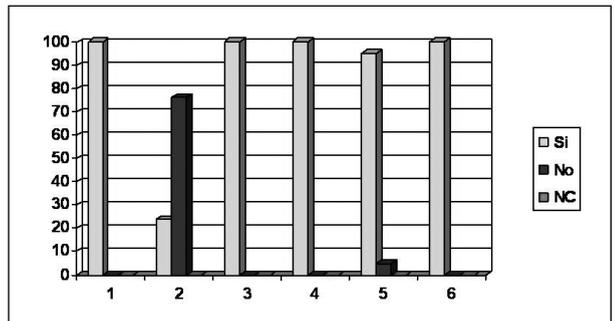
El análisis de los resultados se presenta individualizado para cada pregunta siguiendo el orden de formulación de las mismas, debido a que existe una secuenciación lógica en su planteamiento. No obstante, algunas requieren un comentario compartido con otras preguntas con las que guardan una estrecha relación.

Pregunta 1. ¿Cómo se transmiten las características hereditarias en: persona, ratón, paloma, mariposa, amapola, manzano?

SER VIVO	RESPUESTA	%	SER VIVO	RESPUESTA	%
Personas	Genes	33,3	Mariposa	ADN	57,1
	ADN	28,5		Genes	12
	Gametos	9,5		Gametos	12
	NC	28,5		NC	19
Ratón	ADN	56	Amapola	ADN	29,7
	Genes	9,5		Polen	15,4
	Gametos	21		Semillas	10,7
	NC	14,2		Gametos	10,7
Paloma	ADN	56	Manzana	ADN	29,7
		4,8		Gametos	9,5
		21		Semillas	10,7
		14,2		Fruta	10,7
		14,2		Polen	10,7
	NC	28,5	NC	28,5	

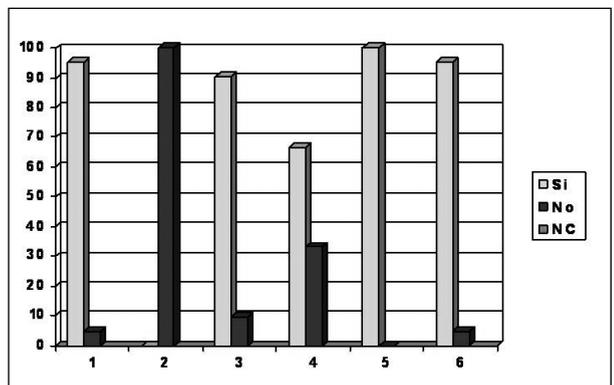
Las respuestas de los alumnos reflejan la consideración según la cual la transmisión hereditaria se debe al ADN, a los genes, a los gametos, y también a otros como el polen, la semilla y la fruta en los ejemplos del reino vegetal. Sin embargo, los tres primeros se atribuyen principalmente a animales (mamíferos y aves) y los dos últimos principalmente a las plantas. El mayor número de aproximaciones al concepto científico se corresponde con la especie humana, seguido de mamíferos y aves, pero incluso en las personas existe casi un tercio de los alumnos que desconocen cómo se transmiten las características hereditarias. Se advierten notables diferencias entre organismos del reino animal y el reino vegetal en cuanto al papel que adjudican al ADN y a los genes en la transmisión hereditaria. Resulta significativo que los alumnos atribuyen mecanismos de transmisión hereditaria semejantes a organismos cercanos taxonómicamente a la especie humana mientras que no lo hacen con otros más alejados como las aves y los insectos. En síntesis, se produce una gradación descendente desde las personas al manzano en cuanto a la atribución de la transmisión hereditaria al ADN, los genes y los gametos. Esta gradación puede deberse a una mayor familiarización con unos tipos de seres vivos que con otros, aunque no se descarta un matiz valorativo (de forma que los elementos que consideran importantes en el ser humano los asocian a seres próximos a él).

Pregunta 2. ¿Has oído hablar de los siguientes términos relacionados con la genética: gen (1), alelo (2), cromosoma (3), ADN (4), factor (5), gameto (6)?



En general han oído hablar de los términos propuestos, siendo *alelo* el menos conocido. Resulta significativo que el ADN tenga un grado de conocimiento tan elevado que puede atribuirse al efecto directo del proceso de enseñanza o a la incidencia del ambiente cultural. La lectura del resto del cuestionario parece indicar que se trata de un término muy conocido pero vacío de contenido.

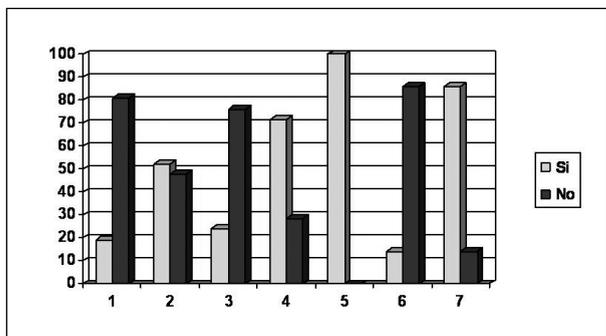
Pregunta 3. De la siguiente lista, señala cuáles son seres vivos: musgo (1), mármol (2), hongo (3), coral (4), hombre (5) y margarita (6).



El 100% de los alumnos está de acuerdo en que el hombre es un ser vivo. El 33,3% de alumnos no le atribuye vida al coral. El 4,8% no considera ser vivo al musgo. El 9,5% no cree que el hongo sea un ser vivo y el 4,8% no considera que a la margarita sea un ser vivo. Ninguno atribuye vida al mármol. Para un porcentaje pequeño de la muestra el concepto de *ser vivo* resulta más próximo a los animales, quizás por atribuirles a todos la capacidad de desplazamiento, no considerando como tales a aquellos que no se mueven de un sitio a otro (ésta es una idea muy extendida entre numerosos alumnos de educación primaria). La mayoría de los estudiantes encuestados reconoce como seres vivos a animales y plantas (95%) y a los hongos (85%). El coral representa una excepción que puede deberse a que es un animal fijo y a que lo iden-

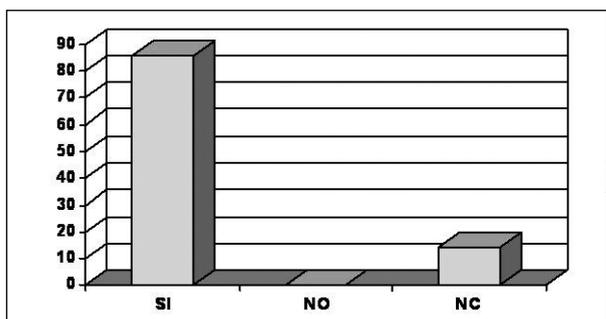
tificarían solamente con su exoesqueleto mineralizado. Driver (1999) realiza una interesante revisión bibliográfica acerca de las investigaciones llevadas a cabo sobre el significado del concepto de *ser vivo* en alumnos de diferentes edades, en la que se aprecian opiniones similares a las obtenidas en este ítem.

Pregunta 4. Señala con una cruz los que pienses que tienen reproducción sexual: helecho (1), caracol (2), pino (3), araña (4), ratón (5), champiñón (6) y paloma (7).



La reproducción sexual se atribuye sobre todo a los animales, aunque llama la atención que porcentajes significativos del alumnado no la señalen como propia de estos seres (casi un 50% en el caracol, aproximadamente un 30% en el caso de la araña y un sorprendente 12% en la paloma, siendo éste un animal perfectamente conocido). Los resultados ponen de manifiesto cómo a las plantas y a los hongos no se les reconoce apenas este tipo de reproducción. Estas respuestas que dan los alumnos tienen una gran importancia respecto a la comprensión de las leyes de Mendel, puesto que toda su investigación lleva implícito el conocimiento de la reproducción sexual de la planta del guisante.

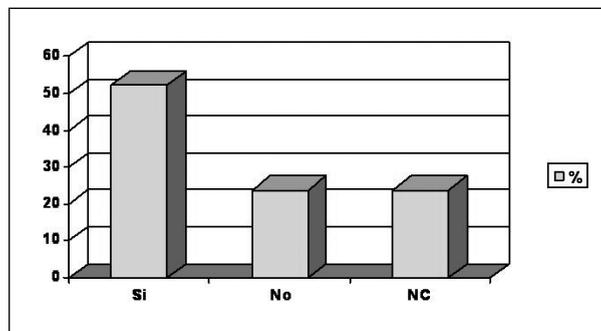
Pregunta 5. ¿Las flores tienen órganos sexuales?



Resulta curioso que, habiendo un porcentaje tan alto de alumnos que reconocen en esta pregunta la posesión de órganos sexuales por parte de las flores, en la pregunta anterior sólo el 23,8% haya señalado que el pino tiene reproducción sexual. Nombramos concretamente el

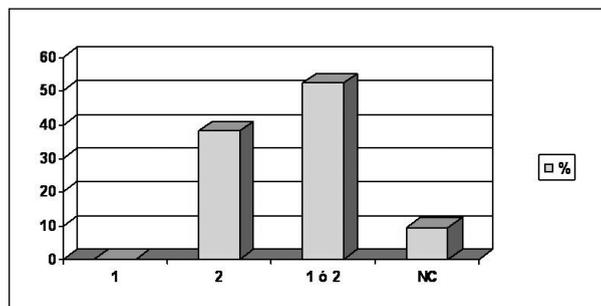
pino en lugar de otro ejemplo por tratarse de una planta conocida por los alumnos. Suponemos que el grupo de alumnos que no responde a la pregunta no sabe si las plantas tienen o no órganos sexuales, lo que posiblemente supondrá dificultades insalvables para comprender el mecanismo de la herencia en el trabajo de Mendel sobre los guisantes y su extensión al resto de los seres vivos.

Pregunta 6. ¿Las plantas tienen gametos?



Hay un 52,3% de alumnos para los cuales sí los tienen y un 23,8% tanto para los que piensan que no los tienen como para los que no contestan. Sumando los alumnos que dicen que no con los que ignoran la respuesta, se obtiene un porcentaje del 47,68% de estudiantes que podrán tener graves dificultades para asimilar los mecanismos de transmisión genética. El desconocimiento de los gametos como elementos transmisores de los genes de una generación a otra puede propiciar y reforzar este error, que se ve apoyado por la creencia popular de que «los genes están en la sangre».

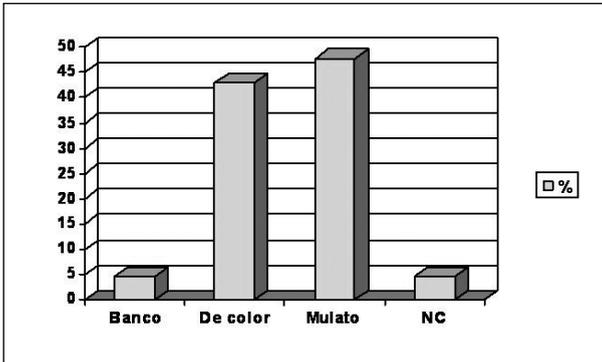
Pregunta 7. ¿Cuántos individuos son necesarios para formar uno nuevo?



Ningún alumno comete el error de responder que un solo individuo. Un 38,1% responde que dos y casi la mitad (el 49%) que uno o dos individuos, considerándose ésta la respuesta más acertada. No obstante, las respuestas a esta cuestión son de difícil interpretación porque no se puede descubrir la idea que tiene el alumno al contestar. Por ello

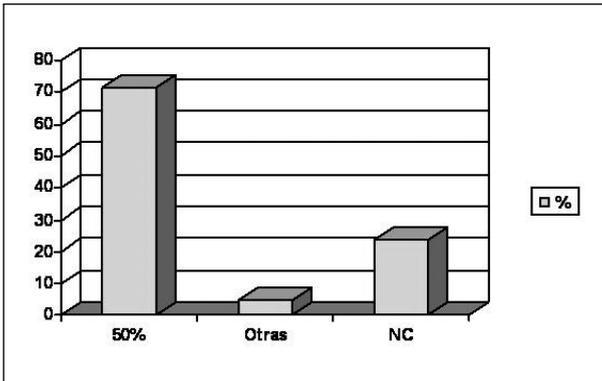
sería necesaria la entrevista personal para dilucidar posibles ambigüedades. El hecho de tener una visión antropocéntrica de la reproducción sexual puede ser una de las causas que inducen a opinar que siempre son necesarios dos individuos. No podemos afirmar con total seguridad que los que piensan que uno o dos están refiriéndose a los seres hermafroditas y a la autofecundación, como es el caso de algunas de las plantas empleadas por Mendel en sus experiencias.

Pregunta 8. Una madre de alquiler de raza blanca se presta a gestar al hijo de una pareja de color. ¿Crees que el hijo será blanco, negro o mulato?

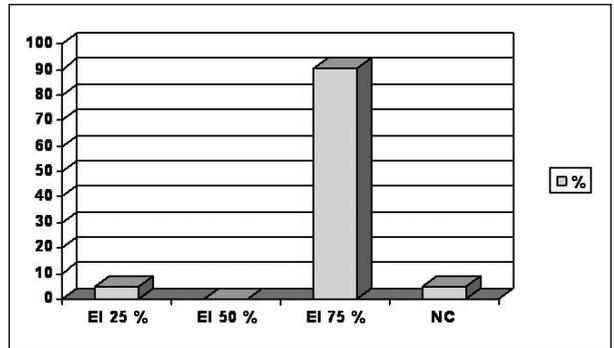


El objetivo de esta pregunta era averiguar la idea que tenían sobre dónde reside la transmisión hereditaria. Para un 47,6% de alumnos el hijo será mulato, para el 42,8% será negro y un 4,7% afirma que será blanco. La interpretación puede ser diversa: por una parte, podemos suponer que bastantes alumnos consideran la herencia como mezcla; por otra, la creencia en la aportación especial de la madre a las características del hijo; en tercer lugar, que los gametos de los progenitores no son responsables de las características de los descendientes.

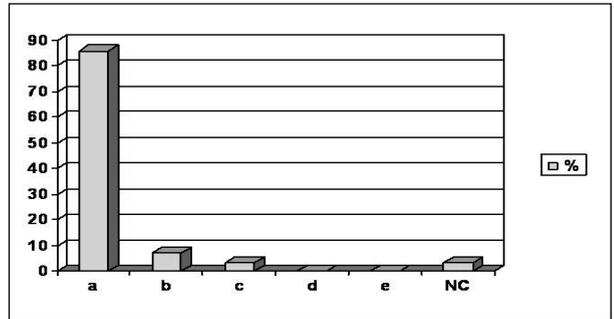
Pregunta 9. ¿Cuál es la probabilidad de que al tirar una moneda salga cara o cruz?



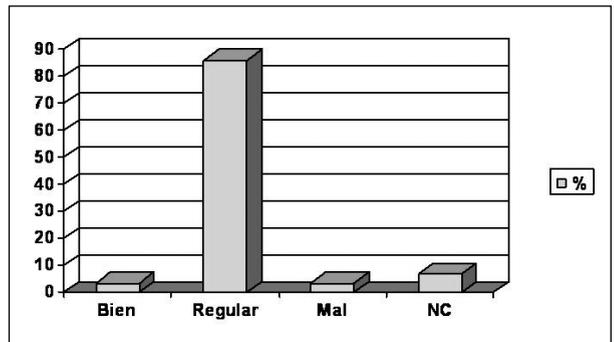
Pregunta 10. En el siguiente cuadro (ver cuestionario) la superficie ocupada por la parte blanca es: 25%, 50% o 75% del total.



Pregunta 11. En el mismo cuadro (ver cuestionario) la superficie ocupada por el negro en relación con el total es: 1/4 (a), 1/3 (b), 1/2 (c), 1/6 (d) o 1/8 (e).



Pregunta 12: Une mediante flechas las relaciones que sean equivalentes.

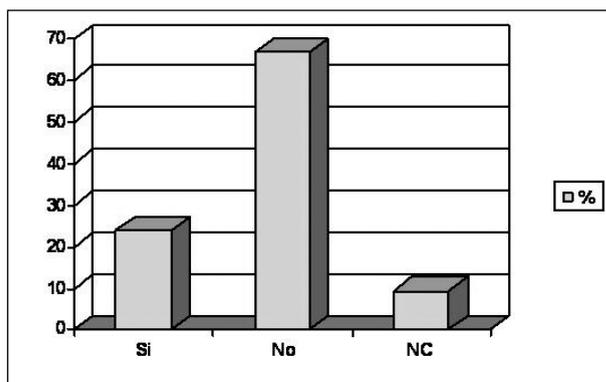


Con estas cuatro cuestiones se trataba de averiguar el nivel de conocimientos que tenían los alumnos sobre proporcionalidad y probabilidad, dado que en la resolución de problemas de genética es necesario un dominio suficiente en este campo. Los resultados obtenidos por los alumnos fueron bastante correctos en el caso de la pregunta 9 (71,4% de aciertos), en la pregunta 10

(con un 90,4% de aciertos) y en la pregunta 11 (85% de aciertos). Sin embargo, en la pregunta 12 –la más compleja– sólo acierta completamente el 3,5% de los alumnos. Con estos resultados se puede inferir que en la resolución de problemas de genética posiblemente tendrán dificultades con los cálculos estadísticos y porcentuales.

A los alumnos les cuesta asimilar que los porcentajes resultantes en los ejercicios y problemas de genética mendeliana sólo se cumplen siguiendo la ley de los grandes números, es decir, en poblaciones integradas por un elevado número de individuos. Si nos referimos, por ejemplo, a la probabilidad de que nazca un niño o una niña, bastantes estudiantes piensan que en una pareja la mitad de los hijos tienen que ser niños y la mitad niñas, o bien, que si van a tener dos hijos y el primero es una niña, el segundo será con toda seguridad un niño para que se cumplan las proporciones. Estas ideas prevalecen, si no son corregidas, y se mantienen durante la vida adulta.

Pregunta 13. *En el lenguaje común suele decirse «... lo lleva en la sangre» para expresar los parecidos de los hijos con los padres. ¿Piensa que la herencia reside en la sangre?*



En esta pregunta, que luego se repite en las de respuesta abierta, los alumnos debían contestar solamente sí o no. El 23,8% de los alumnos encuestados piensa que los caracteres hereditarios se encuentran en la sangre. Esta idea puede plantear dificultades a la hora de asimilar correctamente cómo se transmite la herencia biológica de un individuo a sus descendientes. Frases habituales en el lenguaje común como «*son de la misma sangre*», «*lo lleva en la sangre*», «*carn de mi carne*», «*hermanos de sangre*» o «*lazos de sangre*» forman parte de las expresiones utilizadas en el entorno de algunos alumnos e influyen en desligar por completo a los gametos de su papel como transmisores de los genes de un individuo a la siguiente generación.

Análisis de las definiciones de conceptos básicos en genética

(Se han transcrito literalmente las dadas por los alumnos)

ADN

RESPUESTAS	N.º DE ALUMNOS	%
No contestan	37	22
Da nombre al compuesto (ADN)	23	13,6
Contiene o lleva información de las características	35	20,8
Material hereditario, genético	19	11,3
Material reproductor o identificación con gametos	12	7,1
Cadena, componente de la sangre o relacionado con ella	15	9
Contiene a los cromosomas o es cadena de cromosomas	10	6
Son moléculas, ácidos, etc.	10	6
Almacena energía	3	1,7
Lo contienen las plantas	2	1,2
Líquido en el ácido nucleico	1	0,6
Respuestas de difícil interpretación	1	0,6

Un grupo importante de alumnos intenta definir el término *ADN* limitándose a traducir las siglas (*ácido desoxirribonucleico*). Otro grupo –el más numeroso– se refiere a que es el determinante de las características del individuo o bien el vehículo de transmisión de las mismas. Es especialmente interesante constatar algunas confusiones: ADN con gameto, ADN como contenedor de cromosomas o la relación especial del ADN con la sangre. Respecto a esta última confusión sugerimos que, aparte de las creencias populares, puede deberse a que uno de los ejemplos más utilizados para explicar la genética humana es el de la herencia de los grupos sanguíneos, por lo que no es extraño que algunos relacionen el ADN con la sangre. Hay también que resaltar que un 22% de alumnos no contesta.

GAMETOS

RESPUESTAS	N.º DE ALUMNOS	%
No contestan	35	20,8
Denominación: óvulo y espermatozoide	21	12,5
Células sexuales o reproductoras	30	17,9
Son de dos clases: masculino y femenino	35	20,8
Órganos reproductores (masculino y/o femenino)	18	10,7
Forman el cigoto	11	6,5
Creador de genes	1	0,6
Genes o variaciones del gen	3	1,8
Sirven para la reproducción	11	6,5
Identifica con embrión	2	1,2
Identifica con cromosoma	1	0,6

Bastantes alumnos definen gametos como células sexuales o reproductoras, o bien hablan de las clases de gametos o de la función de los mismos. Resulta de interés resaltar algunas de las confusiones que presentan: identificación de gametos con órganos reproductores, con embrión, con alelos, con genes o como si fueran los cromosomas. Es también llamativo que casi un 21% no conteste nada sobre este concepto.

GEN

RESPUESTAS	N.º DE ALUMNOS	%
No contestan	57	34
Gen como carácter o característica	15	9
Célula hereditaria	8	4,7
Algo que se transmite de padres a hijos	32	19
Información genética para el nuevo ser	20	12
Identificación o compuesto de ADN	2	1,2
Identificación con herencia	5	3
Característica hereditaria	27	16
Como parte del cromosoma (función)	2	1,2

Es interesante destacar que el 34% de los alumnos no responden cuando se les pide que definan el término *gen*. Los que sí lo hacen, atribuyen a este término una mayor relación con la transmisión hereditaria: algo que se transmite de padres a hijos, la información genética para el nuevo ser, características hereditarias que se transmiten, determinante del carácter del individuo en el momento presente (sin relacionarlo explícitamente). Algunos hablan de su composición química relacionándola con el ADN y otros afirman que los genes están en los cromosomas.

CROMOSOMA

RESPUESTAS	N.º DE ALUMNOS	%
No contestan	69	41
Contiene genes	4	2,4
Contiene ADN o es parte del ADN	20	12
Número de cromosomas	37	22
Determinante del sexo	10	6
Localización en la célula	17	10
Identificado con factor o gen	6	3,5
Identificación con gametos	1	0,6
Lo nombran como célula	4	2,4

Es bastante confusa la idea que los alumnos tienen de este término y, de hecho, hay una gran mayoría que no se pronuncia a la hora de definirlo (41%). Los que más se aproximan al concepto científico señalan su función de transmisión genética o que contiene ADN o genes. Los principales errores conceptuales se refieren a que es parte del ADN, que se identifica con factor, gen o gameto o bien, restringen el término únicamente a los cromosomas sexuales. Banet (2000) detecta como una idea previa frecuente en alumnos de secundaria la consideración de que los cromosomas sexuales se encuentran únicamente en los gametos.

ALELO

RESPUESTAS	N.º DE ALUMNOS	%
No contestan	95	56,5
Como gen	29	17,2
Tipos de genes	12	7,2
Como determinante del sexo	1	0,6
Tipos de genes con información para un mismo carácter	11	6,5
Expresa cualidades del alelo	13	7,7
Respuestas de difícil interpretación	7	4,2

La mayoría de los alumnos desconoce el significado de este término (56,5%) lo que apoya el resultado obtenido en la pregunta número 2 del cuestionario. Del resto, hay un porcentaje significativo que lo relaciona con los genes (30,9%). Este concepto es el segundo menos conocido de todos los presentados en la encuesta sobre conceptos de genética.

FACTOR

RESPUESTAS	N.º DE ALUMNOS	%
No contestan	128	76,2
Información de un gen	6	3,6
Fase de la reproducción	7	4,2
Dos genes iguales	16	9,5
Respuestas de difícil interpretación	11	6,5

Pocos alumnos han escuchado este término en relación con la herencia biológica y de hecho un 76,2% no contesta al respecto. Si observamos los resultados de la pregunta número 2 del cuestionario, comprobaremos cómo un elevado porcentaje de alumnos sí dice haber oído hablar de este término, aunque muy posiblemente no relacionado con la genética. Cabe suponer que aquella respuesta en el cuestionario fue «casi automática» pero cuando se trata de averiguar lo que saben de este término concretamente en relación con la genética, la mayoría no sabe qué responder.

AUTOFECUNDACIÓN

RESPUESTAS	N.º DE ALUMNOS	%
No contestan	23	13,7
Reproducirse por sí mismo	34	20,2
Fecundarse a sí mismo	37	22
Sucedee en plantas	14	8,3
Ser hermafrodita	12	7,2
Se fecunda automáticamente	1	0,6
Confunden con polinización	13	7,7
Confunden con reproducción asexual	17	10,1
Respuestas de difícil interpretación	17	10,1

Los alumnos parecen tener este concepto bastante claro, al menos en cuanto al significado del término aunque se detectan, en el fondo, imprecisiones en la comprensión del concepto científico. Aproximadamente la mitad de los alumnos (42,2%) contesta que significa reproducirse por sí mismo o fecundarse a sí mismo. Es interesante que para algunos sea un proceso que sólo sucede en las plantas. Otro grupo se limita a indicar que es un proceso que sucede en seres vivos hermafroditas. Hay alumnos que confunden el concepto de *autofecundación* con otros como *polinización* o *reproducción asexual*.

Las respuestas dadas a las dos preguntas de ampliación fueron las siguientes:

¿Reside la herencia en la sangre? ¿Por qué?

RESPUESTAS	N.º DE ALUMNOS	%
No contestan	0	0
No dan explicación concreta: sí (5 alumnos), no (11 alumnos).	16	9,5
No reside en la sangre porque... – Está en el cuerpo o en otras partes del cuerpo. – Está en partículas hereditarias (genes, ADN, cromosomas). – La herencia no sólo se manifiesta en la sangre.	64	38,1
Sí reside en la sangre porque... – En la sangre están las partículas hereditarias (genes). – La sangre tiene células que contienen partículas hereditarias. – Otras respuestas de difícil interpretación.	44	26,2
La herencia no se transmite por la sangre porque... – La transmisión que realiza la sangre sólo es una parte del conjunto de la herencia. – La herencia se transmite mediante partículas hereditarias, ADN o cromosomas. – La sangre del hijo puede ser diferente a la del padre.	25	15
La herencia se transmite por la sangre porque... – Las partículas hereditarias están en la sangre (parecidos, genes). – Algunos aspectos (por ejemplo el grupo sanguíneo) se transmiten por la sangre. – Los padres transmiten todo. – Se mezclan las sangres y/o los genes de los padres. – Es la parte que se transmite.	18	10,6
Se une el espermatozoide y el óvulo, por tanto el hijo tiene sangre de sus padres.	1	0,6

Todos los alumnos respondieron a esta cuestión, aunque un 9,5% no explica su razonamiento y se limita a decir sí o no. Un alumno contesta que la unión de los gametos es inherente a la unión de las sangres de ambos progenitores. El resto de las respuestas se divide en dos categorías principales: los que señalan que la herencia reside en la sangre y los que citan que la herencia se transmite por la sangre. Aquellos que piensan que la sangre está implicada en la transmisión de caracteres hereditarios (36,8% del total) podrán tener dificultades a la hora de resolver los ejercicios y problemas de genética mendeliana, sobre todo en el caso de las plantas ya que éstas carecen de sangre.

¿Por qué los hermanos no son totalmente iguales?

RESPUESTAS	N.º DE ALUMNOS	%
No contestan	32	19
No se forman de los mismos gametos	24	14,3
No se forman de los mismos cromosomas	23	13,7
Tienen distinto el material genético	31	18,5
Heredan mezcla de otros familiares además de los padres	16	9,5
Reciben diferente información	20	12
Heredan distinta mezcla de caracteres, factores, genes	6	3,5
Reciben diferente cantidad de genes o ADN	4	2,4
Expresan los caracteres de diferente forma	3	1,8
Expresan más los caracteres del padre que de la madre	2	1,2
Porque tienen algún carácter distinto de los padres	1	0,6
Reciben sangre distinta	1	0,6
Influencia del ambiente en la gestación	1	0,6
Varían los genes a lo largo de la vida de forma diferente	1	0,6
Respuestas de difícil interpretación	3	1,8

Aunque existe una variedad de respuestas, muchas de ellas coinciden en que la información genética de los hermanos no es igual debido a aspectos relacionados con el soporte del material hereditario (ADN, cromosomas, genes, gametos). Llama la atención la serie de respuestas que parece estar inducida por afirmaciones cotidianas que podrían englobarse en el denominado «saber popular»: algunos alumnos siguen considerando la herencia como una mezcla de caracteres de los padres; se expresan más los caracteres de un determinado progenitor en cada hermano; se hace referencia a la sangre o a la influencia del ambiente durante la gestación.

CONCLUSIONES

Podemos afirmar que los datos obtenidos reflejan una serie de carencias que, a nuestro juicio, responden a las causas que se citan a continuación:

Confusión a la hora de identificar la localización del material genético, su vía de transmisión y en el significado de conceptos básicos de genética.

Se confirma la existencia de ideas previas resultantes de la influencia de afirmaciones no científicas en relación con la herencia biológica, algunas de ellas producto del lenguaje común (el papel de la sangre en la transmisión de caracteres, la herencia por mezcla o las aportaciones de cada uno de los parentales). Esto se ve acompañado por la existencia de confusiones en el verdadero significado de conceptos usuales en genética en un número importante de alumnos encuestados.

Falta de conocimientos adecuados sobre la reproducción sexual de las plantas.

Hay alumnos que tienen una visión antropocéntrica de la biología, por lo que suelen desconocer las diferencias que existen entre la reproducción de las plantas y la de los animales, lo que a su vez es un obstáculo para comprender con claridad las leyes de Mendel. Así, no es posible entender las experiencias de autofecundación que realiza Mendel desde una concepción muy arraigada que asigna un sexo a cada individuo. Por ello, en la práctica la falta de dominio del concepto de *autofecundación* es una dificultad añadida a la comprensión de la genética mendeliana.

Falta de conocimiento de los conceptos de probabilidad y otras variables estadísticas.

El escaso dominio de nociones elementales de estadística y su cálculo en algunos alumnos son obstáculos que inciden negativamente en la interpretación de los resul-

tados obtenidos por Mendel, así como en la resolución de buena parte de los problemas de genética que exige el manejo y el cálculo de frecuencias y probabilidades. Se ha detectado falta de claridad en la comprensión de que los resultados estadísticos requieren trabajar con poblaciones y, como consecuencia, que las leyes de Mendel se cumplen sólo cuando se trabaja con un número elevado de individuos. Algunos estudiantes no se acercan al concepto de *probabilidad* y a su correspondencia con los hechos reales que se producen.

También hemos llegado a las siguientes conclusiones sobre la situación en la que se encontraba buena parte del alumnado, objeto de estudio frente al aprendizaje significativo de la genética mendeliana y la comprensión de conceptos básicos en genética:

Consideramos que la enseñanza y aprendizaje de la genética mendeliana sigue siendo uno de los aspectos que presenta una dificultad destacada dentro de los contenidos que se incluyen en el currículo de educación secundaria.

Puesto que los conceptos relacionados con la genética están cada vez más presentes en la vida cotidiana y llegan a la ciudadanía por diferentes cauces (medios de comunicación, libros, publicidad, cine, juegos, etc.) se hace necesaria una alfabetización científica en este sentido que debe partir de una reflexión de los docentes y de las entidades responsables de elaborar los materiales educativos que se utilizan en la escuela y que están presentes en medios de difusión del conocimiento como Internet.

Las definiciones que aparecen en algunos de los libros de texto consultados pueden ser objeto de mejora con el fin de favorecer un aprendizaje correcto de la genética, en general, y de la genética mendeliana, en particular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBALADEJO, C. y LUCAS, A.M. (1988). Pupils' meanings for «mutation». *Journal of Biological Education*, 22(3), pp. 215-219.
- AUSUBEL, D., NOVAK, J. y HANESIAN, H. (1983). *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Trillas. México.
- AKKER, van der (1998). The Science Curriculo: Between Ideals and Outcomes, en Fraser, B.J. y Tobin, K.G. *International Handbook of Science Education*, pp. 421-447. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Press.
- BANET, E. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento biológico, en Perales, F. y Cañal, P. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Capítulo 19. Alcoy: Ed. Marfil.
- BANET, E. y AYUSO, E. (1995). Introducción a la genética en la Enseñanza Secundaria y Bachillerato I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), pp. 137-153.
- BANET, E. y NÚÑEZ, F. (1990). Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), pp. 105-110.
- BROWN, C.R. (1990). Some misconceptions in meiosis shown by students responding to advanced level practical examination question in biology. *Journal of Biological Education*, 24(3), pp. 182-186.
- CABALLERO, M., GONZÁLEZ, M.P., OLIVARES, E., SANTISTEBAN, A. y SERRANO, P. (1997). *Didáctica de las Leyes de Mendel*. Cuadernos de la UNED. ISBN: 84-362-3474-X.
- COLLINS, A. y STEWART, J.H. (1989). The knowledge structure of Mendelian Genetics. *The American Biology Teacher*, 47(4), pp. 233-236.
- DRIVER, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 3-15.
- DRIVER, R. et al. (1999). *Dando sentido a la ciencia en secundaria*. Barcelona: Ed. Visor.
- DRIVER, R. y ESLEY, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, pp. 61-84.
- ENGEL CLOUGH, E. y WOOD-ROBINSON, C. (1985). Childrens' understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19(4), pp. 304-310.
- ERICKSON, G. (2000). Research programmes and the student science learning literature, en Millar, R., Leach, J. y Osborne, J. *Improving Science Education*. Buckingham: Open University Press.
- FENSHAM, P. (2000). Providing suitable content in the 'science for all' curriculum, en Millar, R., Leach, J. y Osborne, J. *Improving Science Education*, pp. 1147-1164. Buckingham: Open University Press.
- FIGINI, E. y MICHELI, A. (2005). La enseñanza de la genética en el nivel medio y la educación polimodal: contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra VII Congreso.
- HACKLING, M.W. y TREAGUST, D. (1984). Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2), pp. 197-209.
- HEIM, W.G. (1991). What is a recessive allele? *The American Biology Teacher*, 53(2), pp. 94-97.
- HEWSON, P.W. (1981). Constructivism and reflexive practice in science education, en Montero, L. y Vez, J.M. *Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Santiago: Ed. Tórculo.
- INHELDER, B. y PIAGET, J. (1972). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Buenos Aires: Paidós.
- JENKINS, E. (2000). Research in science education: time for a health check? *Studies in Science Education* 35, pp. 1-26.
- JONES, M., CARTER, G. y RUA, M. (1999). Children's concepts: tools for transforming science teachers' knowledge. *Science Education*, 83, pp. 545-557.
- KUHN, T. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica (FEC), México.
- McDERMOTT, L. (1984). Research on conceptual understanding in mechanics. *Physics Today* (julio), pp. 24-32.
- MOLL, M.B. y ALLEN, R.D. (1987). Student difficulties with Mendelian Genetics problems. *The American Biology Teacher*, 49(4), pp. 229-233.
- PFUND, H. y DUIT, R. (1998). *Bibliography: Students' Alternative Frameworks and Science Education*. Kiel, Alemania: IPN.
- PIAGET, J. (1971). *Biology and Knowledge*. Chicago: University of Chicago Press.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A. (1982). Accomodatin of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 62(2), pp. 211-227.
- POZO, J.I., GÓMEZ, M., LIMÓN, M. y SANZ, A. (1991). *Procesos Cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: Las Ideas de los Adolescentes sobre Química*. Madrid: CIDE.
- RADFORD, A. y STEWART, J.A. (1982). Teaching genetics in schools. *Journal of Biological Education*, 16 (3), 177-180.
- RESNICK, L. (1983). Mathematics and science learning: a new conception. *Science*, 220, 477-478.
- SCHOON, K. y BOONE, W. (1998). Self-efficacy and alternative conceptions of science of preservice elementary teachers. *Science Education* 82, 553-568.
- VIENNOT, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, pp. 205-222.
- WANDERSEE, J., MINTZES, J. y NOVAK, J. (1994). Research in alternative conceptions in science, en Gabel, D. *Research Handbook on Research on Science, Teaching and Learning*, pp. 177-210. Nueva York: McMillan Pub.
- WOOD-ROBINSON, C. (1994). *Young peoples' about inheritance and evolution*. Studies in Science Education. 24, pp. 29-47.

[Artículo recibido en noviembre de 2006 y aceptado en mayo de 2007]

ANEXO I

CUESTIONARIO. Curso _____ Edad _____

1. *¿Cómo se transmiten los caracteres hereditarios en los siguientes casos?*
 Personas.....
 Ratón.....
 Paloma.....
 Mariposa.....
 Amapola.....
 Manzano.....

2. *¿Has oído hablar de los siguientes términos relacionados con la genética?*
 Gen Sí..... No.....
 Alelo Sí..... No.....
 Cromosoma Sí..... No.....
 ADN Sí..... No.....
 Factor Sí..... No.....
 Gametos Sí..... No.....

3. *En esta lista, señala con una cruz los que creas que son seres vivos:*
 Musgo Coral
 Mármol Ser humano
 Hongo Margarita

4.- *Señala con una cruz los que pienses que tienen reproducción sexual:*
 Helecho Ratón Caracol
 Pino Araña Champiñón Paloma

5. *¿Las flores tienen órganos sexuales?*
 Sí..... No..... NC.....

6. *¿Las plantas tienen gametos?*
 Sí..... No..... NC.....

7. *¿Cuántos individuos son necesarios para formar uno nuevo?*

8. *Una madre de alquiler de raza blanca se presta a gestar al hijo de una pareja negra ¿Cómo crees que será el niño?*

9. *¿Cuál es la probabilidad de que al lanzar una moneda al aire salga cara o cruz?*

10. *En el siguiente cuadro, ¿la superficie ocupada por la parte blanca es el 25% del total, 50% del total o 75% del total?*

11. *En el mismo cuadro ¿la superficie ocupada por el gris en relación con el total es 1/4, 1/3, 1/2, 1/6, o 1/8?*

12. *Une, mediante flechas, las relaciones que sean equivalentes:*
 75% : 25% 7:2
 60% : 40% 2:1
 50% : 50% 3:1
 25% : 75% 2:2
 70% : 30% 1:2

13. *En el lenguaje común suele decirse «lo lleva en la sangre» para expresar los parecidos de los hijos con los padres. ¿Piensas que la herencia reside en la sangre?*

ANEXO II

Definiciones de conceptos básicos en genética en textos de secundaria.

CONCEPTO: ADN	
TEXTOS	DEFINICIONES
Ed. Santillana (1997)	No se define sino que se cuenta todo sobre su estructura y función.
Ed. Edelvives (1992)	No se define sino que se cuenta todo sobre su estructura y función.
Ed. Anaya (1989)	No se define sino que se cuenta todo sobre su estructura y función.
IMBAD (1991)	No se define sino que se cuenta todo sobre su estructura y función.
Ed. ECIR (1992)	Portador de la herencia genética, lleva el mensaje de todas las sustancias que debe sintetizar una célula.
Ed. ECIR (1991)	No figura.
Ed. Anaya (1994)	No figura.
Ed. Edelvives (1987)	Formado por una o dos cadenas que forman una doble hélice, se localiza en el núcleo de la célula constituyendo los cromosomas: Es la única molécula capaz de sacar copias de sí misma, es decir, se autoduplica. En esta propiedad de autoduplicación está la base de la reproducción y transmisión hereditaria de todos los seres vivos.
Ed. SM (1990)	No figura.
Ed. SM (1993)	Son moléculas hereditarias porque pueden replicarse originando moléculas hijas y porque en su interior llevan toda la información que necesita cada una para las distintas formas de vida... la información hereditaria de un individuo depende del orden de los nucleótidos en su ADN. Es una doble hélice formada por dos cadenas de nucleótidos complementarias.
Ed. Vicens Vives. GAIA (1990)	No figura.

CONCEPTO: GAMETO	
TEXTOS	DEFINICIONES
Ed. Santillana (1997)	No figura.
Ed. Edelvives (1992)	Célula especializada (óvulo o espermatozoide)... en las plantas se forman en gametangios.
Ed. Anaya (1989)	Son células especiales portadoras de la información genética de los progenitores. En la fecundación se unen dos gametos, uno de cada progenitor.
IMBAD (1991)	No figura.
Ed. ECIR (1992)	Son células haploides de manera que cuando se fusionen dos de ellas darán lugar a un individuo diploide... son células especializadas cuya función es fusionarse para producir un nuevo individuo... En todas las especies existen dos tipos de gametos masculinos o espermatozoides y femeninos u ovocélulas.
Ed. ECIR (1991)	No figura.
Ed. Anaya (1994)	Células reproductoras que son el vehículo de transporte de la información genética de los progenitores.
Ed. Edelvives (1987)	No figura.
Ed. SM (1990)	Son células haploides que se producen por la meiosis y de cuya unión nace el cigoto.
Ed. SM (1993)	Células especiales que se forman en órganos reproductores y que se unen para producir una célula huevo o cigoto.
Ed. Vicens Vives. GAIA (1990)	No figura.

CONCEPTO: GEN	
TEXTOS	DEFINICIONES
Ed. Santillana (1997)	Unidad del material hereditario. Es un fragmento del ácido nucleico, generalmente ADN (salvo en algunos virus que es ARN), que lleva la información para un carácter. Corresponde a lo que Mendel denominó «factor hereditario».
Ed. Edelvives (1992)	Desde el punto de vista clásico es una unidad estructural y funcional de la herencia que se trasmite de generación en generación. Regula la manifestación de los caracteres heredables, peculiares de cada individuo. Mendel desconocía su naturaleza y los llamó factores hereditarios. Durante la primera mitad del siglo XX el gen fue considerado como la unidad de mutación, recombinación y función del material hereditario. En la actualidad el gen se considera como un segmento de ADN capaz de codificar la síntesis de una enzima.
Ed. Anaya (1989)	Gen es el factor hereditario que controla un carácter.
IMBAD (1991)	Es el factor que determina un carácter hereditario. Hoy sabemos que se trata de un fragmento de ADN.
Ed. ECIR (1992)	Son segmentos concretos de molécula de ADN que contienen información respecto a un carácter. Se encuentran situados a lo largo de los cromosomas ocupando una posición fija (denominada locus) y son los responsables de que un individuo pueda patentizar caracteres heredados de sus padres.
Ed. ECIR (1991)	Los factores que controlan la herencia de los caracteres... Actualmente se sabe que son unas partículas situadas a lo largo de los cromosomas. Estos genes los ha recibido un individuo a través de las células reproductoras tanto de su padre como de su madre cuyas células, por cuanto acabamos de decir, los llevan en sus cromosomas.
Ed. Anaya (1994)	Factor hereditario que determina uno de los caracteres que puede exhibir un individuo. Los genes se heredan de los padres, van en los cromosomas que portan los gametos. Son fragmentos de ADN que forman esos cromosomas.
Ed. Edelvives (1987)	Gen igual a factor. El conjunto de genes de un individuo constituye su genotipo. Se encuentran dentro de unos corpúsculos llamados cromosomas dispuestos linealmente. Todos los genes que se encuentran en un mismo cromosoma tienden a heredarse juntos.
Ed. SM (1990)	Son las unidades de material hereditario. Desde el punto de vista químico son grupos atómicos especiales que forman parte de las cadenas de ADN de los cromosomas. Desde el punto de vista funcional se les considera la unidad responsable de un carácter.
Ed. SM (1993)	A cada segmento concreto de ADN que tenga información para codificar una proteína es a lo que se denomina un gen. Es el fragmento de material genético que contiene información para un determinado carácter.
Ed. Vicens Vives. GAIA (1990)	Aunque el término alelo se utiliza con mucha frecuencia en genética, en este libro para simplificar utilizaremos siempre el término gen.

CONCEPTO: CROMOSOMA	
TEXTOS	DEFINICIONES
Ed. Santillana (1997)	No figura.
Ed. Edelvives (1992)	No figura.
Ed. Anaya (1989)	Estructuras formadas por la cromatina nuclear que se hacen visibles al microscopio óptico en los periodos de división celular (mitosis y meiosis).
IMBAD (1991)	Conjunto de filamentos independientes con forma de bastón que se hacen visibles durante la mitosis.
Ed. ECIR (1992)	Constituyen el material del mensaje genético de la célula; están formados por proteínas y ADN; son unos orgánulos generalmente en forma de bastón alargado o filamentosos que sólo pueden distinguirse con claridad cuando las células se están dividiendo, pues si no, forman un ovillo enmarañado.
Ed. ECIR (1991)	No figura.
Ed. Anaya (1994)	Cuando la célula se divide la cromatina se condensa y forma los cromosomas. El ADN del cromosoma es el portador de la información genética.
Ed. Edelvives (1987)	En la sustancia coloidal que constituye el núcleo se encuentran los cromosomas de aspecto filamentosos, compuestos por ADN y que son los constituyentes de los factores hereditarios o genes. Se observan fácilmente cuando el núcleo se va a dividir.
Ed. SM (1990)	Guardan el material genético que está constituido por unas moléculas especiales que, por su estructura, son para la célula como un libro que contiene toda la información para la vida.
Ed. SM (1993)	Cada cromosoma es un par de ovillos de cromatina condensada de tal manera que contiene dos paquetes idénticos o cromátidas.
Ed. Vicens Vives. GAIA (1990)	No figura.

CONCEPTO: ALELO	
TEXTOS	DEFINICIONES
Ed. Santillana (1997)	Es cada uno de los diferentes genes o informaciones que pueden estar en un mismo locus. Estos genes son alelos entre sí.
Ed. Edelvives (1992)	Son las distintas formas alternativas que puede presentar un gen determinado. Por lo general se conocen varias formas alélicas de un gen.
Ed. Anaya (1989)	Son las alternativas que puede tener un gen y que modifican aspectos del mismo carácter.
IMBAD (1991)	Es cada una de las alternativas, originadas por diversas mutaciones, que puede tener un gen. Los términos gen y alelo son intercambiables siempre que se refieran a un mismo carácter.
Ed. ECIR (1992)	A cada pareja de genes que rigen un carácter se le denomina par de alelos.
Ed. ECIR (1991)	Al par de genes que rigen un carácter se les denomina par de alelos.
Ed. Anaya (1994)	Al par de genes que determinan un carácter se les denomina par de alelos. Si un alelo se localiza en determinado punto de un cromosoma, el otro alelo se localiza exactamente en el mismo lugar del cromosoma homólogo.
Ed. Edelvives (1987)	No figura.
Ed. SM (1990)	Alelo, alelomorfos o alelogenes son las distintas formas mutacionales que puede presentar un gen.
Ed. SM (1993)	A cada uno de los genes que van a cumplir la misma función y que están presentes por duplicado en el individuo se les denomina alelos.
Ed. Vicens Vives. GAIA (1990)	Los genes R y r que determinan el mismo carácter pero producen efectos diferentes se denominan alelos.

CONCEPTO: FACTOR	
TEXTOS	DEFINICIONES
Ed. Santillana (1997)	No figura.
Ed. Edelvives (1992)	Mendel consideró que cada carácter dependía de un factor que él nombró con letras. Deduce que cada carácter tiene que estar representado por dos factores de los que pasa a los gametos sólo uno.
Ed. Anaya (1989)	Utiliza el concepto de <i>factor</i> para definir el gen.
IMBAD (1991)	En el capítulo de genética mendeliana equipara factor a gen.
Ed. ECIR (1992)	No figura.
Ed. ECIR (1991)	No figura.
Ed. Anaya (1994)	La herencia es controlada por factores que existen en los individuos y pasan a los descendientes. Cada carácter es controlado por un par de factores.
Ed. Edelvives (1987)	No figura.
Ed. SM (1990)	No figura.
Ed. SM (1993)	No figura.
Ed. Vicens Vives. GAIA (1990)	No figura.

Some Secondary Pupils' Preconceptions of Basic Concepts

CABALLERO ARMENTA, MANUELA

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad Complutense de Madrid
lola.caballero@edu.ucm.es

Abstract

When students face learning new content, especially in science, they are totally ignorant about it. They have built their own conceptions and it is important to bear in mind the role that these initial ideas exert on the assimilation of knowledge ratified by science.

Research on prior ideas has been quite prolific. Although much remains to be investigated in the field of the prior ideas students have in their minds, it is true that the results obtained from the research are increasingly available to the faculty of sciences.

Some Difficulties in Learning Genetics Concepts.

One of the branches of biology that has most advanced and is the most well-known is genetics. We have done some research through teaching which has shown that students have difficulties understanding many concepts, such as on genetic mechanisms related to the transmission of biological heritage.

There is a need to reflect on the origin of the obstacles that students face when learning this subject and propose innovative methodologies in teaching genetics.

OBJECTIVES

This paper, which is the first part of a larger study in the field of teaching Mendel's Laws, has two basic objectives: to detect some of the main prior ideas high school students have in connection with some basic genetics concepts; detect conceptual aspects that may affect the proper understanding of the contents of this discipline and exercises and problems on Mendel's laws.

METHODOLOGY

Sample Selection

The research presented here was done at a college in the Community of Madrid on a sample composed of 168 students who were enrolled during the baccalaureate (BUP), at a time when natural sciences was a compulsory subject for all pupils and mendelian genetics was one of the curriculum content areas that was to be taught (academic year 1996-1997).

Field Instruments

Questionnaire

It was developed and validated in order to find out what the students' prior ideas were with respect to different biology, genetics and elementary statistics concepts.

Definitions:

Of the terms DNA gamete, gene, chromosome, allele, and autofecundation factor.

It was also considered to be interesting to collect the definitions of these terms which appear in textbooks and were used at the time in the classrooms of secondary.

To complete the data collection, students were also called on to respond openly to two larger questions.

CONCLUSIONS

We can affirm that the data reflected a number of shortcomings which, in our view, are addressed by the causes that are listed below:

Confusion when identifying the location of the genetic material, its mode of transmission and the meaning of basic genetics concepts.

It confirms the existence of prior ideas resulting from the influence of non-scientific assertions regarding biological heritage, some proceeding from everyday language (the role of blood in the transmission of characters, the legacy of a mixture or contributions of each one of the parents). This is accompanied by the existence of confusion about the true meaning of standard genetics concepts in a significant number of students surveyed.

Lack of adequate knowledge on sexual reproduction in plants.

There are students who have an anthropocentric view of biology, who tend to ignore the differences between the reproduction of plants and animals, which in turn is a barrier to a clear understanding of Mendel's laws. Thus, it is not possible to understand the experiences of Mendel's self-fecundation performed from the very entrenched that assign a sex to individuals. Therefore, in practice, the lack of mastery of the concept of self-fecundation is an added difficulty to the understanding of mendelian genetics.

Lack of knowledge of the concepts of probability and statistical variables.

Some students' poor command of basic notions of statistical calculation is an obstacle that adversely affects the interpretation of results obtained by Mendel, as well as the resolution of many of the genetic problems that require handling and calculating frequencies and probabilities. A lack of clarity has been identified in understanding the statistical results needed to work with people and as a result, that the laws of Mendel are fulfilled only when working with a large number of individuals. Some students do not come close to understanding the concept of probability and his correspondence with the actual events that are occurring.