

RESOLVER SITUACIONES PROBLEMÁTICAS EN GENÉTICA PARA MODIFICAR LAS ACTITUDES RELACIONADAS CON LA CIENCIA

MARTÍNEZ AZNAR, M. MERCEDES¹ e IBÁÑEZ ORCAJO, M. TERESA²

¹ Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad Complutense. Madrid
mtzaznar@edu.ucm.es

² IES «Meco» de Madrid

Resumen. Las actitudes como contenido escolar son difíciles a la hora de enseñar y de valorar su nivel de adquisición. En este estudio nos centramos en las actitudes sobre la ciencia como conocimiento y hacia la ciencia como asignatura académica. Presentamos los resultados de una investigación comparativa realizada con alumnos de 4º de educación secundaria obligatoria (15-16 años) que se acercaron a la genética desde dos perspectivas distintas, una metodología tradicional para el grupo control y una unidad didáctica basada en la resolución de situaciones problemáticas, «¿Soy así por puro azar?», para el experimental. Al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje, el grupo control mantuvo sus actitudes iniciales mientras que el experimental manifestó actitudes más favorables y realistas sobre y hacia la ciencia.

Palabras clave. Actitudes relacionadas con la ciencia, metodología de resolución de problemas como una investigación, genética, educación secundaria, unidad didáctica.

Solving problems in genetics to improve attitudes to science

Summary. Attitudes as scholar content are difficult to teach and their level of acquisition is difficult to assess. In this study we focus on attitudes about Science as knowledge and towards Science as academic subject. We present the results of a comparative investigation carried out with students of fourth level of Obligatory Secondary Education (15-16 years) who approached Genetics from two different perspectives, a traditional methodology for the control group and a didactic unit based on the resolution of problematic situations, «Am I like this by pure chance?», for the experimental one. At the end of the teaching-learning process the control group maintained its initial attitudes while the experimental one showed realistic and more favourable attitudes about and toward Science.

Keywords. Attitudes related to science, problem solving methodology as an investigation, Genetics, Secondary Education, didactic unit.

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

Como es bien sabido, diversas investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias han puesto de manifiesto, por un lado, un elevado grado de fracaso escolar y, por otro, un creciente rechazo de los estudios científicos con la presencia de actitudes negativas hacia las ciencias, que se incrementa con la edad de los estudiantes (Schibechi, 1984; Giordan, 1985; James y Smith, 1985; Welch, 1985; Yager y Penick, 1983,

1986; Simpson y Oliver, 1990; Espinosa y Román, 1991; Ortega et al., 1992; Osborne et al., 2003; Simpson et al., 1994; Solbes y Vilches, 1997; Vázquez y Manassero, 1997).

Aunque la enseñanza de las ciencias plantea dificultades, algunas inherentes a su propia naturaleza, también es cierto que la ciencia que se enseña está alejada de la ciencia emer-

gente que avanza vertiginosamente y que el alumno ve reflejada en los medios de comunicación y en su vida diaria. Si a la propia dificultad del conocimiento científico le añadimos que la ciencia escolar muchas veces se reduce a una descripción de eventos sin relevancia en la vida diaria del alumno, nos encontramos con una situación que favorece la falta de motivación en los estudiantes. En el caso de la biología tenemos la ventaja de que muchos conocimientos son cercanos al alumno (enfermedad, alimentación, etc.) y, aun así, es fácil encontrar libros de texto donde el estudio de la herencia se centra más en plantas y animales que en el ser humano. Por otra parte, la transmisión tradicional de los mismos es muy descriptiva, el conocimiento es teórico y definitivo sin presentar la evolución del mismo (secuencia lógica desde el punto de vista de la disciplina sin considerar la lógica del estudiante) y los problemas que lo originaron y cómo se buscaron soluciones. En resumen, no se están teniendo en cuenta los aspectos cognitivos y afectivos que inciden en las actitudes como: la implicación personal del alumno en la tarea, el tipo de tarea y su utilidad, la posibilidad de que el alumno controle y evalúe su propio conocimiento y la satisfacción personal de resolver una situación.

Dada la complejidad y amplitud del asunto, primero vamos a definir qué entendemos por actitudes relacionadas con la ciencia y cuáles tienen los estudiantes, para posteriormente plantear las aportaciones de la metodología de resolución de problemas como una investigación (MRPI) a la hora de mejorarlas.

Actitudes relacionadas con la ciencia

Las actitudes se relacionan con el interés, con la motivación y también con creencias, valores y características personales. Así, se habla de actitudes hacia y sobre la ciencia y de actitudes científicas. Nuestra idea de lo que son las actitudes relacionadas con la ciencia quedan reflejadas de forma muy explícita en el siguiente documento del currículo de ciencias:

«Debe estimularse el desarrollo de actitudes de curiosidad e interés por las implicaciones sociales y ambientales de la ciencia, por el funcionamiento del mundo físico y por todo lo relativo al mundo natural y su conservación; así como fomentarse actitudes de flexibilidad intelectual, de gusto por el conocimiento, de aprecio del trabajo en equipo, de exigencias de razones y argumentaciones en la discusión de ideas y en la adopción de posturas propias fundamentadas, para distinguir los hechos comprobados de las meras opiniones, etc.» (RD 1390/1995)

Por ello, podemos identificar actitudes: *sobre la ciencia* por su naturaleza como conocimiento, lo que determina una serie de características científicas; *hacia la ciencia* como disciplina de estudio; y *sobre sus interacciones con la sociedad y tecnología*. En este artículo nos vamos a centrar únicamente en las actitudes sobre y hacia la ciencia, dejando para otro trabajo las actitudes relativas a las relaciones ciencia-tecnología-sociedad (CTS), que también han sido trabajadas. Por lo tanto, nuestros objetivos educativos en esta investigación han sido:

– Respecto a las actitudes sobre la ciencia y sus características, que el alumno valore la importancia de la misma como conocimiento y los logros sociales, culturales, etc. obtenidos gracias a la investigación científica, y las características como la curiosidad, creatividad, apertura de mente, objetividad, el trabajo en equipo y la utilización de criterios científicos.

– Respecto a las actitudes hacia la ciencia, que el alumno esté motivado hacia el estudio de la misma, y en particular de la genética, porque aprecie la importancia de tener una formación científica, y hacia el trabajo específico con la MRPI.

El interés en nuestro estudio, recogido en los anteriores objetivos, parte de la constancia de que, sin embargo, las actitudes de los estudiantes son otras. Los resultados de las siguientes investigaciones sirven de ejemplo. Giordan (1982) realiza un estudio con estudiantes de 12-14 años para analizar los comportamientos de chicos y chicas cuando se les plantean situaciones de investigación sobre temas de ciencias naturales. Sus conclusiones indican que los estudiantes, al llegar a estas edades, han perdido por completo la curiosidad necesaria para comenzar cualquier proceso de investigación. Según el autor, los métodos escolares han favorecido «la extinción de la capacidad investigadora del niño» frente a los fenómenos naturales. Ante situaciones que tienen que resolver, los estudiantes no se creen capaces de hacerlo y su actitud es de abandono, intentando buscar las respuestas en los libros de texto. Kelly (1986) realiza un estudio longitudinal sobre el interés de los estudiantes hacia las ciencias. Esta autora comprueba que, en general, hasta el fin de la educación primaria (11 años), el interés es mayor en los chicos que en las chicas y que para ambos sexos disminuye con los años, algo que también se ha constatado en nuestro contexto (Serrano 1987, 1988; Ortega et al., 1992). Incluso, Pell y Jarvis (2001) identifican esta pérdida de interés a lo largo de primaria.

La metodología de resolución de problemas como una investigación y el cambio de actitudes relacionadas con la ciencia

No cabe la menor duda de que estos decepcionantes resultados en la enseñanza de las ciencias son motivo de preocupación que nos debe llevar a cuestionarnos qué ciencia hay que enseñar. Si tratamos de buscar en la epistemología y la historia de la ciencia qué ciencia se debe enseñar, tenemos que reconocer que lo que se hace habitualmente en el aula no es coherente y que la enseñanza de las ciencias debe realizarse siguiendo los propios métodos de la misma (Hodson, 1993; Porlán, 1993). Esta idea no es novedosa y entronca con el modelo didáctico constructivista en el que nos movemos, y también sugiere que la forma en la que se generan los conocimientos científicos es la pauta de cómo se debe trabajar con los mismos en un contexto escolar.

Nuestra propuesta de resolución de problemas como una investigación (MRPI) surge a partir de la realizada por Gil y Martínez-Torregrosa (1983) y sólo se ha realizado una adecuación a los contenidos y tipos de problemas propios de la biología, en concreto de genética. Esta metodología

trabaja con problemas abiertos, sin datos y sin solución evidente (situaciones problemáticas o problemas verdaderos), propone un modelo de resolución que aporta una visión actualizada de la ciencia y pone al alumno en una situación de aprendizaje, metafóricamente hablando, parecida a la del científico novel. Diversas investigaciones que han trabajado con este tipo de metodología han podido constatar que el cambio metodológico genera un cambio conceptual y de actitudes en los estudiantes (Gil y Carrascosa, 1985; Martínez Torregrosa, 1987; Ramírez, 1990; Reyes, 1991; Oñorbe, 1993; Gil, 1994; Varela, 1994; Martínez Aznar y Varela, 1996; Varela y Martínez Aznar, 1997a, 1997b; Ibáñez, 2003).

En la tabla 1 se recogen los pasos que orientan al alumnado en la resolución de problemas abiertos y en la tabla 2, algunos ejemplos de situaciones problemáticas trabajadas por los alumnos del grupo experimental que constituyen la unidad didáctica «¿Soy así por puro azar?».

Tabla 1
Modelo de resolución de problemas como una investigación
(Gil y Martínez Torregrosa, 1983).

<p>I. Comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando acotar y definir de manera precisa el problema y explicitando las condiciones que se consideran determinantes.</p> <p>II. Emitir hipótesis fundadas sobre los factores de los que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia, imaginando, en particular, casos límite de fácil interpretación.</p> <p>III. Elaborar y explicar posibles estrategias de resolución antes de proceder a ésta, evitando el puro ensayo y error. Buscar distintas vías de resolución para posibilitar el contraste de los resultados obtenidos y mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos de que se dispone.</p> <p>IV. Realizar la resolución verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando, una vez más, operativismos carentes de significación física.</p> <p>V. Analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límite considerados.</p>
--

Tabla 2
Ejemplos de cuatro de las doce situaciones problemáticas trabajadas en la unidad didáctica «¿Soy así por puro azar?».

<p>Problema 1: ¿Cómo se hereda un carácter relacionado con el pelo?</p> <p>Problema 3: La herencia de los grupos sanguíneos, A, B, AB y O, era utilizada como prueba para determinar la posible paternidad de los padres de un bebé. ¿Podrías conocer el grupo sanguíneo de un hijo tuyo?</p> <p>Problema 9: Una persona expuesta al sol desarrolla cáncer de piel. ¿Sus hijos tendrán cáncer de piel?</p> <p>Problema 10: ¿Cómo saber si padeceré Alzheimer?</p>

Las actitudes en la enseñanza-aprendizaje de la biología

Ya hemos mencionado que las actitudes en los alumnos tienen un componente cognitivo y afectivo, además de

la voluntad del propio sujeto. En el caso concreto de la biología, Serrano (1989) en una amplia revisión recoge los aspectos que más influyen en las actitudes y el aprendizaje de la misma, como la propia materia de estudio, el clima de aula, la metodología y el género. En nuestro caso, consideramos los resultados de esta revisión a modo de hipótesis para introducir y fundamentar la validez de nuestra propuesta metodológica a la hora de favorecer un cambio de actitudes sobre y hacia la ciencia.

1) *La materia de estudio.* Diversos trabajos indican que los estudiantes presentan más interés por el estudio de la biología que por la física o química; y en especial por temas relacionados con la biología humana (Lazarowitz et al., 1985; Gardner y Tamir, 1989; Osborne y Collins, 2001). En nuestro caso, la genética es uno de los contenidos biológicos que permite desarrollar contenidos muy interesantes para el alumno y relacionados con sus vivencias y su día a día. De forma tradicional, la genética se trabaja con ejemplos sobre flores o cobayas y los temas de actualidad científica son tratados de forma teórica al final de la unidad; sin embargo, en nuestra unidad didáctica se plantean situaciones problemáticas centradas de forma exclusiva en herencia humana y muy cercanas a la realidad del alumno. Por ejemplo, cuando se enfrentan al problema 10 «¿Cómo saber si padeceré Alzheimer?», lo hacen pensando en sus abuelos y si tienen o no la enfermedad, y cómo esto afectará a sus padres o a ellos mismos. Por otra parte, los nuevos avances biotecnológicos se introducen con juegos de simulación que permiten su comprensión.

2) *El clima de aula.* Sobre la influencia que el ambiente de estudio tiene en el aprendizaje de las ciencias, también se han realizado diversos estudios (Lawrenz, 1976; Fraser y Fisher, 1983; Hofstein y Lazarowitz, 1986; Escribano y Peralta, 1993), cuyas conclusiones son que los estudiantes:

- Prefieren un clima de aula que se caracterice por la utilidad de lo que aprenden en su vida cotidiana; competitividad no muy alta; mayor organización del aprendizaje; menor nivel de dificultad de la materia (consideran que estas características se dan más en las clases de biología que en las de otras disciplinas científicas).
- Perciben como negativas las fricciones entre ellos y situaciones de favoritismo por parte del profesor.
- Desean una atención más individualizada y menos distante por parte del profesor.
- Les gustaría que sus opiniones y sugerencias se tuviesen en cuenta y poder participar más en la organización y desarrollo de la clase.
- En aspectos relativos al trabajo de investigación en el aula y al trabajo diferenciado según las capacidades y los intereses de ellos mismos, sus posturas son ambiguas.

El trabajo en el aula con nuestra unidad didáctica, donde los estudiantes en grupos de trabajo resuelven los problemas y la profesora actúa de guía en el proceso de construcción de conocimientos, va a generar un ambiente de aula muy propicio al aprendizaje. Es verdad que, en principio, esta forma de trabajo les ocasionará desconcierto y hasta frustración; pero, una vez que hayan empezado a resolver los problemas

por sí mismos, les llenará de satisfacción (Ibáñez, 2003; Martínez Aznar y Ovejero, 1997; Varela, 1994).

3) *La metodología.* Los estudiantes de 14-16 años prefieren actividades relacionadas con el enfoque CTS, en especial relativas a problemas de relevancia personal y social (Gayford, 1989). También consideran que en las clases hay demasiadas actividades de atender a explicaciones y recoger notas, aunque manifiestan poco interés en realizar actividades con un planeamiento más experimental o de «ciencia en la acción» quizá por desconocimiento de lo que realmente son. Un estudio reciente aporta luz sobre ese aspecto porque, trabajando un mismo experimento de forma cerrada y abierta, identifica que los alumnos que presentan actitudes más favorables son los que trabajaron con experimentos abiertos (Berg et al., 2003). El hecho de que la unidad didáctica «¿Soy así por puro azar?» tenga un enfoque CTS, y vaya a desarrollarlo a través de la MRPI, que es totalmente abierta, va a influir positivamente en la predisposición de los estudiantes al estudio.

4) *El género.* En el ámbito anglosajón hay estudios que relacionan el género con las asignaturas elegidas y los resultados académicos (Schibechi, 1984). Es indudable que la sociedad tiene una imagen de una ciencia masculina, que la educación refuerza y transmite de forma implícita (Sahuquillo y otros, 1993), e incluso, como constata Spear (1984), los profesores califican mucho más alto los mismos exámenes si el autor es un chico que si es atribuido a una chica. Sin embargo, nosotras no vamos a tener en cuenta este factor, pues los resultados en investigaciones españolas y similares a la nuestra en el ámbito de la física (Varela, 1994) parecen indicar la no-influencia del género en cuanto a las actitudes. Otros estudios en distintos contextos recogen que el género no se relaciona con los resultados académicos (Jones et al., 2000) o sólo hay diferencias en las actitudes en situaciones de no-coeducación (Dhindsa y Chung, 2003).

La conclusión de esta revisión bibliográfica es que todos estos factores deben tenerse muy en cuenta en el proceso de enseñanza-aprendizaje porque influyen decisivamente en las actitudes de los estudiantes hacia el estudio de la biología. Por lo tanto, podemos aventurar que la MRPI y el diseño de la unidad didáctica «¿Soy así por puro azar?» van a favorecer una actitud positiva de los estudiantes hacia el estudio, porque:

– Los contenidos, centrados en herencia humana son de gran interés para ellos.

– Este tipo de conocimiento tiene una gran utilidad en cuestiones que se les pueden plantear en su vida diaria como: ¿Qué color de ojos podría tener un hijo mío? ¿Padece Alzheimer como la abuela? ¿Qué haría si me detectan una enfermedad genética incurable?

– La dinámica de trabajo va a ser estimulante, activa, creadora.

– La resolución de situaciones problemáticas abiertas tiene lugar en grupos de trabajo que, por una parte, va a permitir una relación más cercana entre los estudiantes y el profes-

or que debe seguir los progresos que realizan; y, por otra parte, les va a dar una imagen del trabajo científico alejado de estereotipos como, por ejemplo, el del científico varón trabajando aislado y rodeado de productos peligrosos.

– El enfoque CTS se refleja, entre otras cosas, en la introducción de la actualidad científica de gran interés para los estudiantes por las repercusiones que tienen en nuestra sociedad a través de juegos de simulación y situaciones problemáticas.

HIPÓTESIS

Nuestra hipótesis de trabajo es de tipo direccional porque no sólo se pretende contrastar que existen diferencias entre los aprendizajes realizados por el grupo experimental y control, sino que el grupo experimental es significativamente mejor. Su formulación sería: «Se manifiestan actitudes significativamente más favorables relacionadas con la ciencia a favor del grupo experimental, que ha trabajado con la metodología de resolución de problemas como una investigación, respecto al grupo control, que adopta planteamientos más tradicionales.»

Por supuesto, para el contraste de esta hipótesis es requisito imprescindible la homogeneidad inicial de ambos grupos en las actitudes manifestadas respecto a la ciencia.

Cabe recordar de nuevo que en este artículo sólo se recoge esta hipótesis, la cual forma parte de una investigación mucho más amplia que contemplaba hipótesis relativas a aprendizaje de una metodología y cambio de procedimientos; a cambio conceptual y su permanencia en el tiempo respecto a contenidos de genética y naturaleza de la ciencia; y a cambio de actitudes relativas a las relaciones ciencia-tecnología-sociedad (Ibáñez, 2003; Martínez Aznar e Ibáñez, 2005; Ibáñez y Martínez Aznar, 2005).

METODOLOGÍA

El diseño de la investigación es comparativo porque se analizan diferencias en el aprendizaje entre un grupo experimental y otro control. La metodología de trabajo dentro del aula ha estado orientada por el paradigma investigación-acción donde el profesor juega el doble papel de profesor e investigador, y se ha basado en la puesta en práctica de la unidad didáctica «¿Soy así por puro azar?» (Ibáñez, 2003).

La fase experimental se llevó a cabo en el curso escolar 1999-2000 con dos grupos estándar de 4º de educación secundaria de Madrid, pertenecientes a dos centros de la misma localidad (Arganda del Rey). Las características de los centros en cuanto al ambiente sociocultural, el tipo de alumnado y los criterios pedagógicos en el área de ciencias eran coincidentes. Los grupos de investigación eran los únicos en sus respectivos centros que cursaban la optativa de biología y geología, con idéntica edad media y en la misma proporción un mayor porcentaje de chicas que de chicos, algo habitual en la elección de esta

optativa. El grupo control tenía 19 alumnos y el experimental, 30. En esta investigación, como en la mayoría de las que se realizan en el campo de la didáctica, se ha primado el aspecto de la representatividad de los grupos frente al del tamaño de la muestra.

Ambos grupos trabajaron los mismos contenidos conceptuales de genética con planteamientos metodológicos diferentes: el grupo control de forma tradicional, individual y resolviendo problemas cerrados, y el experimental con esta unidad didáctica basada en la resolución de problemas abiertos en grupos cooperativos que ponían en común al resto de grupos sus avances y resultados. En cuanto a las actitudes, objeto de este estudio, se acordó no tratarlas de forma explícita asumiéndose las que reflejan los libros de texto, similares para ambos grupos. El tiempo dedicado al desarrollo de estos contenidos en clase difirió en una semana, 7 para el grupo control y 8 para el experimental, que tenía que familiarizarse con la nueva metodología.

Para coordinar y ajustar contenidos y momentos de recogida de información, las profesoras de ambos grupos estuvieron coordinadas y realizaron un diario de clase que permitió el seguimiento de los acuerdos a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. El grupo control fue guiado por una profesora instructora de amplia experiencia educativa; el grupo experimental, por una profesora investigadora y, de forma externa, se encontraba una coordinadora también investigadora.

La tabla 3 nos ayuda a entender mejor las semejanzas (los contenidos sobre la localización de la información hereditaria, la herencia de padres a hijos, la herencia de caracteres adquiridos y la biotecnología genética, aunque las dos profesoras puedan utilizar distinta terminología) y las diferencias (la metodología de aula que se refleja en el tipo de actividades

y la diferente secuenciación de los contenidos). En el grupo experimental está centrado en el alumno, y el profesor es un guía en el proceso de enseñanza-aprendizaje; mientras que en el grupo control es el profesor el que dirige el trabajo. Otra diferencia es que los alumnos del grupo experimental trabajaron sus problemas en grupos cooperativos de investigación y siguiendo el guión de trabajo (Tabla 1), aunque los pudiesen terminar de forma individual; mientras que el trabajo en el grupo control fue principalmente individual o en gran grupo como es habitual en la enseñanza más tradicional.

Sin llegar a entrar en el desarrollo en clase de la MRPI y la evolución de los estudiantes del grupo experimental en su aprendizaje, que puede seguirse en Martínez Aznar e Ibáñez (2005), creemos conveniente aclarar que los estudiantes a la hora de resolver un problema podían partir de hipótesis diversas y seguir caminos diferentes de resolución. Éste es uno de los elementos que más enriquece el proceso de enseñanza-aprendizaje, junto con la discusión de qué hipótesis pueden ser más o menos válidas y por qué. Por ejemplo, en el problema 9, sobre el cáncer de piel, los alumnos partieron de dos supuestos, que la mutación se había producido en células de la piel y era un carácter adquirido no heredable, o bien que había una predisposición genética a padecer este tipo de cáncer en la familia y podía heredarse. En otro problema, sobre calvicie, que no se recoge en la tabla 3, según el análisis del problema (no hay mujeres calvas y los raros casos se deben a las permanentes y otros tratamientos, sí hay mujeres calvas pero pocas, o la calvicie femenina se da en ancianas), los estudiantes lo resolvieron localizando el gen en el cromosoma Y, en el X siendo recesivo, o en un cromosoma autosómico pero comportándose de forma diferente en varones y mujeres. La puesta en común de todas estas resoluciones es lo que permite avanzar en el aprendizaje, intuir el proceso de creación del conocimiento científico y generar nuevas actitudes relativas a la ciencia.

Tabla 3

Secuencia de contenidos de las unidades didácticas trabajadas por los grupos experimental y control, y ejemplos de actividades realizadas.

GRUPO EXPERIMENTAL		GRUPO CONTROL	
Secuencia de contenidos	Actividades: problemas abiertos	Secuencia de contenidos	Actividades: explicación teórica y problemas cerrados
Inicios de la genética: Mendel.	Problema 0: «¿Cómo se hereda un carácter relacionado con el pelo?»	La célula y el núcleo. División celular y reparto de cromosomas: mitosis y meiosis.	Teoría (libro de texto y apuntes). Hacer dibujos de la meiosis con células de cuatro cromosomas.
La teoría cromosómica de la herencia y la meiosis como proceso de reparto de cromosomas. Casos de herencia no mendeliana	Problema 1: Repetir problema 0 en otro marco teórico y jugar con cromosomas de papel. Problema 4: «La herencia de los grupos sanguíneos era utilizada para determinar la posible paternidad de un bebé. ¿Podrías conocer el grupo sanguíneo de un hijo tuyo?»	Vocabulario genético Leyes de Mendel ADN, código genético y síntesis de proteínas. Mutación	Lectura de una fotocopia con las definiciones de gen, alelo, homocigótico, etc. Explicación teórica de las leyes Explicación teórica (libro de texto, apuntes)
Mutaciones, caracteres adquiridos y herencia	Problema 9: «Una persona expuesta al sol desarrolla cáncer de piel, ¿sus hijos tendrán cáncer de piel?»	Biotecnología e ingeniería genética	Lectura de un texto sobre nuevos avances en ingeniería genética
El descubrimiento de la estructura del ADN y las nuevas tecnologías	Simular técnicas usadas en biotecnología Problema 10: «¿Cómo saber si padeceré Alzheimer?».	Realización de ejercicios o problemas cerrados	Ejemplo 3: «Proporción genotípica y fenotípica del cruce de guisantes híbridos para el carácter color de semilla?» Ejemplo 7: ¿Cómo será la descendencia de un hombre albino y una mujer con pigmentación normal, cuyos padres eran normales pero heterocigóticos?

Las pruebas y técnicas de análisis para el contraste de la hipótesis han sido:

– **Prueba inicial de actitudes** diseñada y aplicada por Vázquez y Manassero (Protocolo de Actitudes relacionadas con la Ciencia, 1997) para constatar la homogeneidad de ambos grupos. Se han realizado algunas modificaciones en los ítems para ajustarlos a nuestra gama de actitudes (sobre la ciencia como conocimiento y hacia la ciencia como disciplina de estudio) y se ha introducido la respuesta «no lo sé», de forma que se evita un número impar de valores que faciliten la elección del valor central. El estadístico usado ha sido la U de Mann-Whitney (hipótesis nula de homogeneidad frente a la alternativa de no-igualdad).

– **Prueba final** abierta para dejar libertad de expresión a los alumnos. Se han incluido preguntas de genética porque es el contenido que nos permite detectar diferencias en los dos grupos, experimental y control, que lo han trabajado de forma diferente. Se han utilizado una técnica cualitativa como las redes sistémicas para interpretar y valorar la producción escrita de los alumnos; y una cuantitativa, U de Mann-Whitney, para constatar la existencia de diferencias significativas a favor del grupo experimental (hipótesis nula de homogeneidad frente a la alternativa de GEXP mejor).

El programa estadístico utilizado es el STATIGRAPHICS 4.1.

RESULTADOS

Para poder apreciar la evolución seguida por los grupos de investigación en cuanto a sus actitudes relacionadas con la ciencia, debemos conocer su punto de partida. La prueba inicial nos permite detectar las actitudes antes de empezar a estudiar genética y determinar si ambos grupos son homogéneos. Recordamos que la gama de actitudes estudiada es:

- Actitudes científicas o *sobre la ciencia* (entendida como conocimiento):
 - favorables, la ciencia vista como algo útil, pragmática;
 - desfavorables, la ciencia vista como un peligro o sin utilidad;
 - la visión de las características de la ciencia: curiosidad, inteligencia, etc.
- Actitudes *hacia la ciencia* (entendida como disciplina de estudio):
 - favorables, interés y motivación;
 - desfavorables, falta de motivación.

Sobre la homogeneidad inicial de las actitudes en ambos grupos

Los ítems y resultados de la prueba inicial de tipo Likert (escala de 0 a 5 de menor a mayor grado de acuerdo) se recogen en la tabla 4. Para evitar posibles desviaciones de las respuestas de los estudiantes, que tienen que decidir entre grados de acuerdo o desacuerdo, se han sumado los valores obtenidos en 1 y 2, y en 4 y 5. El cero significa «no lo sé» y el 3 «duda».

El estadístico se ha aplicado para cada frase. Las respuestas se han transformado en valores ordinales de menor (total desacuerdo) a mayor (total acuerdo) en los ítems con connotaciones positivas hacia la ciencia; y de forma inversa para aquéllos negativos. Las respuestas «duda» y «no lo sé» han tenido valores intermedios. Podemos afirmar que de forma general *se acepta la hipótesis de homogeneidad entre ambos grupos en relación con las actitudes que manifiestan sobre y hacia la ciencia*. En un análisis más detallado podemos ver cuáles son estas actitudes iniciales y en qué cuestiones concretas no hay homogeneidad en las respuestas de ambos grupos, y si es relevante o no dependiendo de otras consideraciones.

Respecto a la **actitud sobre la ciencia**, en ambos grupos es favorable. Tienen una imagen positiva de la ciencia y sus avances porque permite una mejora en nuestra calidad de vida, aunque, también, reconocen que no soluciona todos los problemas y que, según su percepción, está en la base de otros. Además, están en desacuerdo con los ítems que muestran una imagen desfavorable de la misma. Aunque en algunos ítems sus respuestas no son homogéneas sí lo son en otros similares. Un ejemplo lo tenemos en las frases 1 y 40 donde no son homogéneos porque, ante la afirmación de «Tenemos un mundo mejor para vivir gracias a la ciencia», el 84,21% GCON está a favor frente al 50% del GEXP; mientras que, ante la afirmación «La ciencia es extremadamente útil», es el 80% del GEXP el que está a favor frente al 57,89% del GCON. Esta sensación de falta de coherencia entre las opciones elegidas por los estudiantes puede deberse a la forma en que se expresan cada una de las afirmaciones. Una misma cuestión expresada de forma más tajante, o de forma más concreta, puede hacer que se decanten por una u otra respuesta, o que opten por la de «duda». Por lo tanto, el mejor análisis es el que se obtiene de una visión general de todos los ítems para un mismo aspecto.

En cuanto a las **características de la ciencia**, los dos grupos consideran, entre otras, la curiosidad y la aceptación de nuevas ideas. En cuanto a la posibilidad de cambio en el conocimiento científico, formulado de forma negativa («Una vez aceptado, el conocimiento científico no puede ser cambiado»), los estudiantes de ambos grupos se manifiestan de forma mayoritaria en desacuerdo o en duda. La falta de homogeneidad en la cuestión 14 se debe a la dispersión de las respuestas del GCON; sin embargo, en ambos grupos la mayoría de estudiantes tiene dudas o no está de acuerdo con la idea de que «para destacar en ciencia hay que ser muy inteligente» (63,15% del GCON y del 83,33% GEXP). De nuevo, el mejor análisis es el que se obtiene de una visión general del conjunto de respuestas.

En ambos grupos, **la actitud hacia el estudio de la ciencia** es buena, aunque consideran que no es fácil, y están en desacuerdo con los ítems que minusvaloran su estudio. La falta de homogeneidad en ítems concretos se debe de nuevo a su redacción. Por ejemplo, en la cuestión 37 («La ciencia es completamente aburrida») no son homogéneos; sin embargo, sí lo son cuando la misma cuestión se plantea de forma positiva en el apartado anterior: «La ciencia es entretenida». Lo mismo ocurre en los otros dos ítems en cuyas respuestas no son homogéneas; es decir, sí lo son en otras parecidas y se debe a la dispersión de las respuestas en uno de los grupos, aunque mayoritariamente estén a favor o en contra.

Tabla 4
Resultados de la prueba inicial de actitudes relacionadas con la ciencia.
 Los valores en negrita apoyan la hipótesis de homogeneidad (** p > 0,1, * p > 0,05).

	CUESTIONES	U de Mann-Whitney
Actitud favorable sobre la ciencia	1. Tenemos un mundo mejor para vivir gracias a la ciencia 3. La ciencia ayuda a ahorrar tiempo y esfuerzo 5. Las enfermedades pueden curarse gracias a la ciencia 12. La gente vive más saludablemente gracias a la ciencia 19. La ciencia es algo realmente valioso 24. La gente vive más tiempo gracias a la ciencia 31. La ciencia nos ayuda a evitar catástrofes 32. Un futuro mejor depende de la ciencia 40. La ciencia es extremadamente útil	379 292** 304,5** 351** 214** 382** 258** 340** 204
Actitud desfavorable sobre la ciencia	6. Cuanto mayor conocimiento científico existe, más preocupaciones hay en nuestro mundo 8. La ciencia no ayuda por igual a todos los habitantes del planeta 13. La ciencia no puede resolver los problemas energéticos 20. Las investigaciones sobre el Universo y los viajes espaciales suponen más gasto que los beneficios que aportan 34. La ciencia es un riesgo para la salud 36. No deberíamos haber enviado gente a la Luna 38. La ciencia es una excusa para jugar 43. La ciencia no tiene utilidad 48. La ciencia es una superstición	263,5** 333,5** 234** 225** 200 240,5** 237** 242** 251,5**
Características	9. La ciencia es sensata 11. La curiosidad es lo esencial de la ciencia 14. Para destacar en ciencia hay que ser muy inteligente 16. La ciencia es el camino para conocer el mundo en el que vivimos 44. La ciencia nos enseña a aceptar muchas opiniones diferentes 45. La ciencia nos protege de la superstición 46. Apreciar las ideas nuevas es valioso para la ciencia 47. Una vez aceptado, el conocimiento científico no puede ser cambiado	224,5** 213 139,5 245** 273** 274,5** 345** 291**
Actitud favorable hacia la ciencia	7. La ciencia es entretenida 17. La ciencia estimula la curiosidad 22. No hay nada mejor que trabajar en ciencia 27. La ciencia nos ayuda a pensar mejor 29. Aprender nuevas cosas de ciencias me hace sentir bien 33. La ciencia nos enseña a prepararnos para el futuro 35. La vida sería monótona sin la ciencia 39. Estudiar ciencias es fácil 41. La ciencia es necesaria para todos 42. Estudiando ciencia se satisface la curiosidad 49. La ciencia parece ser muy interesante 50. Estudiar ciencia sirve a la gente, incluso cuando deja la escuela	247** 287** 348,5** 263** 204,5 295** 315,5** 253,5** 161 215** 219* 239**
Actitud desfavorable hacia la ciencia	2. A nadie le gusta la ciencia 4. La ciencia es muy difícil de aprender 10. La gente sería mejor estudiante si no tuviera ciencia 15. Los alumnos estudian ciencia porque se les obliga 18. La peor materia escolar es la ciencia 21. En las clases de ciencia no hay actividad 23. La ciencia debería ser eliminada de las escuelas 25. Los alumnos en la clase de ciencias son como robots 26. La ciencia desanima la curiosidad 28. Estudiar ciencia es desagradable 30. La ciencia no tiene mucho sentido para gente que no son científicos 37. La ciencia es completamente aburrida	226** 222** 207,5* 272** 243** 225** 225* 236,5** 303** 204 183 127

En resumen, nuestros grupos de investigación no sólo son homogéneos entre sí, sino que manifiestan actitudes relacionadas con la ciencia similares a las que pueden presentar otros estudiantes de su edad. Vázquez y Manassero (1997), en el trabajo del cual ha sido tomada la prueba, ya identifican como defecto metodológico el pretender medir una actitud de un estudiante a partir de un solo ítem, y creen que para definir patrones más sólidos se han de tomar perspectivas más globales. En el análisis de resultados que se acaba de realizar se muestran claramente evidencias de este hecho. Además, los mismos autores en un trabajo posterior validan que es mejor utilizar instrumentos mixtos (Likert y elección múltiple) para evaluar las actitudes (Manassero y Vázquez, 2001). Otra de las conclusiones a las que llegan, y que también se puede corroborar en nuestro estudio, es que los estudiantes muestran de forma más clara actitudes favorables en los ítems que indican alguna característica negativa o de rechazo hacia la ciencia. En estos casos, es más evidente que la opción elegida por ellos es la de «estar en desacuerdo»; mientras que no es tan clara la elección de la opción «estar de acuerdo» cuando se refiere a aspectos positivos o halagadores de la ciencia. La conclusión final de Vázquez y Manassero es que los estudiantes muestran una actitud «moderadamente favorable y positiva hacia la ciencia». Por apartados, las actitudes más favorables las obtienen en relación con la imagen que tienen de la ciencia como conocimiento (lo que hemos llamado actitudes «sobre la ciencia»); y algo menos favorables hacia las características de la ciencia (también incluida en el tipo de actitud anterior) y la enseñanza de la ciencia (lo que hemos llamado actitudes «hacia la ciencia»). Nuestros resultados coinciden en líneas generales con los suyos. Es de destacar que, además, los estudiantes, en ambos estudios, presentan: *a*) una actitud menos favorable hacia los ítems que reflejan los problemas y preocupaciones que genera la ciencia, y la falta de atractivo de la ciencia como actividad o trabajo al que dedicarse; y *b*) una actitud más favorable hacia las ideas sobre la utilidad de la ciencia, o la curiosidad como elemento que define a la actividad científica. Por otra parte, la visión del papel de la ciencia en la mejora de la calidad de vida, aunque no pueda resolver todos los problemas, aparece en los estudios de actitudes CTS (Borreguero y Rivas, 1995; Fleming, 1987).

En cuanto a las características de la ciencia, nuestros resultados iniciales difieren de los obtenidos en estudios sobre la visión de la naturaleza de la ciencia, por parte de los estudiantes. Aceptar la curiosidad, la aceptación de nuevas ideas o la posibilidad de cambio en el conocimiento científico, como características de la ciencia no se corresponde con una imagen de la ciencia muy alejada de la realidad que tienen los estudiantes (inductivista, empirista, realismo ingenuo, teorías como evidencias, papel de la creatividad en la investigación, ciencia sin contexto, etc.) ni con las actitudes que manifiestan (Lederman, 1992). No debemos olvidar que en esta prueba inicial los estudiantes, más que dar su opinión personal, valoran unos ítems cuya redacción condiciona y limita mucho (como ya se ha hecho muy evidente en este análisis de resultados).

Sobre las diferencias en las actitudes manifestadas por los grupos investigados

Al terminar el trabajo en el aula con las unidades de genética (tradicional y basada en MRPI), los estudiantes de los dos grupos de investigación han realizado una prueba final abierta que se recoge en la tabla 5.

Tabla 5

Prueba final de actitudes sobre y hacia la ciencia.

<p><i>Cuestiones relativas a actitudes sobre la ciencia como conocimiento</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿La genética ha favorecido a la humanidad o la ha perjudicado? Pon ejemplos que apoyen tus ideas. - El pasado año, en las campañas de vacunación (recuerda, por ejemplo, que quizá tú te hayas podido vacunar de meningitis), se podía dar la oportunidad de elegir entre una vacuna sintética creada en el laboratorio a partir de compuestos químicos, y una vacuna obtenida a partir de microorganismos. ¿Qué tipo de vacuna te pondrías? ¿Por qué? - El trabajo realizado por los científicos. ¿crees que presenta algún tipo de características especiales? ¿Cuáles? <p><i>Cuestiones relativas a actitudes hacia la ciencia como disciplina de estudio</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Crees que es necesario que se impartan contenidos de genética en el instituto? ¿Por qué? - ¿Para qué crees que te va a ser de utilidad la genética que has estudiado en el instituto? - ¿Crees que todo el mundo debería tener conocimientos sobre genética o sólo deberían estudiarla los futuros biólogos, médicos, etc.? ¿Por qué?

El instrumento empleado para organizar las respuestas de los estudiantes ha sido la red sistémica y el estadístico U de Mann-Whitney. En la tabla 6, se encuentran las respuestas de los estudiantes y, para cada una de la categorías, se han organizado desde la que manifiesta una postura más favorable, y recibe un valor ordinal mayor, a la que representa la menos favorable o la falta de opinión, que obtiene el valor más bajo. Hemos incluido también los porcentajes de respuesta que son muy descriptivos. La hipótesis nula es que los grupos son homogéneos frente a la alternativa de que el grupo experimental manifiesta actitudes más favorables.

Los resultados muestran que hay diferencias significativas en las actitudes relativas a las características de la ciencia y en las actitudes hacia la ciencia, a favor del GEXP. Sin embargo, no existen diferencias significativas en las actitudes sobre la ciencia que manifiestan ambos grupos. Vamos a analizar estos resultados estudiando de forma separada los dos aspectos valorados sobre estas actitudes y seleccionando las contestaciones más representativas de los estudiantes sobre el aspecto que se quiera resaltar.

Tabla 6

Red sistémica de los resultados de la prueba final sobre las actitudes relacionadas con la ciencia. Los valores en **negrita** apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP manifiesta actitudes significativamente más favorables que el GCON (***p* < 0,001, **p* < 0,05).

		GEXP	GCON	<i>U de Mann-Whitney</i>	
		%	%		
<i>Actitudes científicas o sobre la ciencia</i>	Postura general	Favorable	83,33	78,94	270
		Intermedia (según uso)	16,66	15,78	
		Desfavorable	0	0	
		Sin opinión	0	5,26	
	Postura ante una nueva vacuna	Favorable	46,66	42,10	232,5
		Intermedia	53,33	36,84	
		Sin opinión	0	21,05	
	Características de la ciencia	Metodología específica	53,33	21,07	116***
		Trabajo especial	46,66	21,05	
		No se diferencia de otras actividades	0	21,05	
		Sin opinión	0	36,84	
	<i>Actitudes hacia la ciencia</i>	Favorable: todos debemos tener conocimientos básicos de genética para tener cultura y entender las noticias	96,66	68,42	215*
Intermedia: los estudios de ciencias son útiles para continuar estudiando ciencias		30	31,57		
Desfavorable: sólo los futuros biólogos o médicos deberían estudiar genética; para los demás no tiene utilidad		3,33	31,57		
Simbología:					
{	Aspectos paralelos: elecciones simultáneas				
⌊	Alternativas diferentes				
↪	Recursión: posibilidad de repetición				

Respecto a las **actitudes sobre la ciencia** (como conocimiento), los estudiantes de ambos grupos manifiestan de forma homogénea una postura favorable que se corresponde con la inicial y con la que tiene la sociedad en su conjunto. No era de esperar que, en este aspecto (visión positiva de la ciencia a la hora de resolver problemas de salud), variase la actitud positiva inicial de ambos grupos. Tampoco implica que este resultado no sea favorable a nuestra hipótesis. Lo interesante radica en que es la única actitud que se mantiene de forma homogénea desde el inicio, mientras que en el GEXP se han modificado otras actitudes hacia esa imagen positiva de la ciencia. De hecho, la poca información que el ciudadano recibe de los medios de comunicación, con sus inexactitudes y sus mensajes implícitos, genera la idea de que la solución a problemas de salud y la mejora de la calidad

de vida está en la ciencia (algo que no ocurre en todos los problemas sociales u otros aspectos de la ciencia). ¿Cómo no van a tener la misma percepción nuestros alumnos que son partícipes de la misma sociedad, independientemente del proceso de enseñanza-aprendizaje que realicen en el aula?

La pregunta sobre la influencia de la genética en la sociedad es muy general. Ambos grupos tienen una visión muy positiva de los avances en este campo; sin embargo, es en el GEXP donde cada alumno aporta más de un ejemplo para apoyar sus ideas (terapias génicas, conocimiento del genoma humano, seres vivos transgénicos). Algunos ejemplos de respuesta son, para el GEXP: A.1 «Ha favorecido sin duda a la humanidad, gracias a la genética podemos tomar muestras de ADN y mediante

ella saber las enfermedades desconocidas y poder tomar medidas; encontrar un asesino sin tener testigos, hacer experimentos que permitan curar enfermedades, etc.»; y para el GCON: A.'3 «La ha favorecido, gracias a ella se han curado numerosas enfermedades, se han creado vacunas y alimentos mejores, y se han conseguido saber problemas o malformaciones de los fetos.»

Sin embargo, cuando se plantea la posibilidad de elegir entre una vacuna tradicional (microorganismos inactivos) o una vacuna sintética creada en el laboratorio, las opiniones son más dispares. Hemos considerado que la elección de la vacuna sintética, o de las dos sin diferenciar, se corresponde con una visión más favorable de la ciencia actual porque se valoran como seguros los progresos técnicos que se desarrollan en los centros de investigación; mientras que la elección de una vacuna tradicional supone un cierto recelo hacia los nuevos avances. Los estudiantes de cada grupo se decantan de forma similar hacia la vacuna sintética como hacia la tradicional. Pero hay que destacar que sólo en el GCON nos encontramos con un porcentaje importante de estudiantes (21,05 %) que no tienen opinión al respecto. Algunos ejemplos de respuesta son, para el GEXP: A.7 «Me pondría una vacuna creada en un laboratorio porque seguramente hubiesen buscado el gen de esa enfermedad y lo hubiesen manipulado para que no se manifieste», A.23 «No lo sé puesto que las dos están bien, ya que es nuestro propio cuerpo quien se defiende»; y para el GCON: A.'3 «La de a partir de compuestos químicos porque está más estudiada y elaborada que la otra que es natural», A.'9 «La vacuna a partir de microorganismos porque de lo que se fabrica en el laboratorio no me fío».

Sin embargo, dentro de las actitudes sobre la ciencia, también incluimos las características que definen la actividad científica. En este apartado, las respuestas dadas por el *GEXP* manifiestan una visión sobre las características de la ciencia significativamente más favorable y acorde con la propia actividad científica. Esta diferencia entre ambos grupos se debe a que más de la mitad de los estudiantes del GCON no responde o considera que no existen características que diferencien el trabajo realizado por los científicos; mientras que la mayoría del GEXP reconoce que la actividad científica se caracteriza por una metodología específica de trabajo. Algunos ejemplos de respuestas en ambos grupos son, para el GEXP: A.10 «Los científicos no pueden ponerse a hacer un experimento directamente. Primero tienen que analizar el problema, luego hacer especulaciones, luego elaborar estrategias y después hacer ya los experimentos», A.14 «Sí porque en los demás trabajos es todo más sistemático y los científicos tienen que razonar más y buscar soluciones a problemas»; y para el GCON: A.'3 «Sí, es muy lento, muy puntualizado, muy perfecto, muy limpio, y sobre todo muy complicado y preciso», A.'11 «Sí, que trabajan en condiciones especiales, con virus por ejemplo.»

En cuanto a las **actitudes hacia la ciencia** (como disciplina de estudio), los estudiantes del *GEXP* manifiestan actitudes significativamente más favorables hacia la

ciencia y su estudio que los estudiantes del GCON. La mayoría de los estudiantes del GEXP (96,66%) considera que estos estudios son importantes para todos los ciudadanos, independientemente de lo que vayan a estudiar o hacer en un futuro. Esta opinión sólo es mantenida por el 68,42% de los estudiantes del GCON. Una proporción similar de estos alumnos, en ambos grupos, también manifiesta una postura intermedia sobre el estudio de las ciencias porque considera que es útil para tener más conocimientos sobre aspectos que importan a todos, y es útil para seguir posteriores estudios. La causa de que las respuestas de ambos grupos sean significativamente diferentes se debe al alto porcentaje de alumnos del GCON (31,57%) que sólo ven útil el estudio de contenidos científicos para aquellas personas que vayan a utilizarlos en su profesión. Algunos ejemplos de respuestas dadas por alumnos de ambos grupos son, para el GEXP: A.4 «Puede servir [lo estudiado en clase] para varias cosas, una para cultivarte más y así aprender más cosas, otra para en un futuro próximo llegar a ser científico, biólogo, etc., y por último para resolver problemas de la vida cotidiana [enfermedades]», A.18 «Me parece que la genética es un tema muy interesante en la sociedad y también debería tener cierta idea la gente que no necesariamente tenga que ser biólogo o médico»; y para el GCON, A.'16 «Creo que todos deberíamos saber algo de genética porque es bueno saber por qué somos de una determinada forma», A.'18 «Yo pienso que las personas que no van a estudiar eso no deberían estudiarlo porque pueden aprovechar ese tiempo para estudiar otra asignatura que en un futuro les vaya a servir más. Y lo digo porque la genética es difícil y requiere mucho tiempo de estudio».

Los resultados que hemos obtenido en esta fase de la investigación difieren de los que se obtuvieron en la fase inicial de la misma. Para visualizar mejor el movimiento de los alumnos de ambos grupos de una a otra actitud, desde el inicio al final del proceso de enseñanza-aprendizaje, se ha generado un esquema aclaratorio recogido en la tabla 7.

Al inicio, ambos grupos eran homogéneos en las actitudes que manifestaban sobre y hacia la ciencia; sin embargo, al finalizar la misma, los estudiantes sólo siguen siendo homogéneos en sus actitudes favorables hacia la investigación científica y sus avances, algo que, por otra parte, es compartido por el resto de la sociedad, en especial si los avances científicos se refieren a curación de enfermedades y mejora de la calidad de vida. En la fase inicial de la investigación, antes de comenzar el trabajo de aula, ambos grupos manifestaban actitudes similares sobre las características de la ciencia y moderadamente favorables hacia su estudio. Ahora, tras la finalización del proceso de enseñanza-aprendizaje, los estudiantes del GCON siguen manifestando las mismas actitudes de la fase inicial e incluso menos favorables; mientras que el GEXP ha mejorado considerablemente en sus actitudes sobre las características de la ciencia, a las que asocian con las estrategias usadas en la resolución de situaciones problemáticas, valorando la importancia del análisis del problema, la emisión de hipótesis y el diseño de una estrategia de resolución antes de empezar la solución o experimentación.

Tabla 7
 Representación de las actitudes relacionadas con la ciencia y el movimiento que entre ellas manifiesta el GCON y el GEXP, desde el inicio hasta el final de la investigación.

Actitudes iniciales y finales relacionadas con la ciencia			
	DESFAVORABLES	MODERADAS	FAVORABLES
Sobre la ciencia como conocimiento	Ciencia peligrosa, sin utilidad, etc.	La ciencia mejora la calidad de vida, pero está en la base de otros problemas <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">CON</div> <div style="margin-right: 5px;">→</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">CON</div> <div style="margin-right: 5px;">→</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">EXP</div> <div style="margin-right: 5px;">→</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">EXP</div> </div>	Avances en ciencia muy positivos, en especial en el campo de la salud
Características de la ciencia	Trabajo metódico, sin creatividad, preciso... o sin saber en qué consiste <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">CON</div> <div style="margin-right: 5px;">←</div> </div>	Curiosidad, aceptación de nuevas ideas, cambio <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">CON</div> <div style="margin-right: 5px;">→</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">EXP</div> <div style="margin-right: 5px;">→</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">EXP</div> </div>	Además de curiosidad, etc., se resuelven problemas siguiendo unos pasos...
Hacia la ciencia como disciplina de estudio	Ciencia incomprensible y sólo para científicos y gente muy inteligente	La ciencia es difícil pero importante y útil <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">CON</div> <div style="margin-right: 5px;">←</div> </div>	Todos los ciudadanos deberían tener conocimientos sobre genética <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 5px;">EXP</div> <div style="margin-right: 5px;">→</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">EXP</div> </div>

CON Grupo control
 EXP Grupo experimental
 □ Postura inicial
 ○ Postura final

En relación con las actitudes hacia la ciencia como disciplina de estudio, en la prueba inicial las respuestas eran homogéneas al considerar que el estudio de la ciencia era difícil pero valoraban su importancia y utilidad. Al terminar el estudio de la genética, el GCON sufre cierto retroceso porque un tercio de la clase opina que sólo los futuros biólogos o médicos deberían estudiarla y que, para los demás, no tiene utilidad. Sin embargo, de forma mayoritaria, el GEXP tiende hacia una actitud aún más favorable al valorar la importancia de tener conocimientos sobre genética a la hora de entender el mundo que les rodea.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

A partir de los resultados obtenidos, podemos decir que la MRPI se manifiesta como una buena metodología a la

hora de facilitar el cambio de actitudes relacionadas con la ciencia, ya que nuestra hipótesis de trabajo se cumple en aspectos como las características de la ciencia como conocimiento y disciplina de estudio, porque:

- 1) Los estudiantes que han trabajado con esta metodología en el aula modifican sus actitudes hacia otras más críticas y favorables respecto al progreso científico, más acordes con las características de la actividad científica, y más motivadoras hacia su estudio.
- 2) Este cambio de actitud en el grupo experimental no se manifiesta en el grupo control, que sigue una metodología tradicional, siendo esta diferencia estadísticamente significativa.

Nuestros resultados, aunque limitados a la aplicación de una única unidad didáctica y con un muestreo pequeño de alumnos, creemos que son representativos del

alcance que tiene el trabajo en el aula con problemas abiertos tratados como una investigación. Otros trabajos que se recogen en el texto ya plantean cómo el cambio metodológico, además de modificar actitudes, implica un cambio conceptual (no tratado en este estudio). La aportación que hacemos es trasladar esta metodología, surgida en el campo de la física, a una disciplina como la biología, que no se suele trabajar con problemas. Por eso, entre otras razones, elegimos los contenidos de genética que habitualmente incluyen problemas para poder marcar diferencias a la hora de trabajar problemas abiertos y cerrados. Por lo tanto, aportamos más evidencias al campo de la investigación en actitudes y lo hacemos con un estudio comparativo entre dos grupos de investigación.

La resolución de situaciones problemáticas abiertas no es fácil de llevar al aula pero creemos que el esfuerzo se ve compensado con los resultados tanto en el cambio de actitudes como en el aprendizaje de otros contenidos que también hemos analizado y que no se contemplan en este artículo (Ibáñez y Martínez Aznar, 2005). Es verdad que en un primer momento los alumnos tropiezan con una nueva forma de trabajar que les resulta compleja o simplemente diferente. Como hemos podido constatar en el día a día, los estudiantes del grupo experimental al ir avanzando en su trabajo y ver su evolución empezaban a ser conscientes de su potencial y se sentían orgullosos de sí mismos.

Estos resultados nos animan a seguir indagando en cómo los distintos aspectos de la metodología, o el trabajo con otro tipo de contenidos, interfieren en las actitudes relacionadas con la ciencia que hemos estudiado. También dejaríamos abierto el seguimiento de las actitudes a lo largo del tiempo, sabiendo que el control de las variables es mucho más difícil. Cuando se sigue la permanencia en el tiempo de un aprendizaje conceptual o de procedimientos es más fácil conocer si el estudiante ha vuelto o no a trabajar esos mismos contenidos. Sin embargo, en las actitudes de los estudiantes sobre y hacia la ciencia siempre queda la duda de qué aspectos ajenos al aula pueden modificarlas y si la permanencia o no de las mismas se debe a la significatividad del aprendizaje realizado u a otras causas.

Terminamos reflejando una realidad que no siempre es tenida en cuenta. La biología, dentro de las ciencias experimentales, es una materia privilegiada porque muchos de los temas que trata son muy cercanos a la realidad y la problemática de los alumnos (enfermedades, medicamentos, herencia, calidad de vida, alimentación, etc.) y no requiere del uso de fórmulas y de operaciones matemáticas. Esta ventaja de partida se pierde si los alumnos perciben el conocimiento biológico como una descripción de datos y no como aspectos en los que pueden involucrarse y llegar a resolver situaciones problemáticas definidas por ellos mismos. Por supuesto, esta reflexión es ampliable al estudio de cualquier otro tipo de conocimiento científico. Sólo tenemos que plantearnos, como recogíamos en la introducción, qué ciencia enseñar y cómo enseñarla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERG, C., BERGENDAHL C., LUNDBERG, B. y TIBELL, L. (2003). Benefiting from open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry of the same experiment. *International Journal of Science Education*, 25(3), pp. 351-372.
- BORREGUERO, P. y RIVAS, F. (1995). Una aproximación empírica a través de las relaciones ciencia-tecnología-sociedad (CTS) en estudiantes de secundaria y universitarios valencianos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), pp. 363-370.
- DHINDSA, H. y CHUNG, G. (2003). Attitudes and achievement of Bruneian science students. *International Journal of Science Education*, 25(8), pp. 907-922.
- ESCRIBANO, A. y PERALTA, M. D. (1993). *Organización del ambiente de aprendizaje*. Documentos IEPS, Monografías, núm. 17.
- ESPINOSA, J. y ROMÁN, T. (1991). Actitudes hacia la ciencia y asignaturas pendientes: dos factores que afectan al rendimiento en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, pp. 151-154.
- FLEMING, R. (1987). High-school graduates' beliefs about Science-Technology-Society, II. The interaction among science, technology and society. *Science Education*, 71(2), pp. 163-186.
- FRASER, B. J. y FISHER, D. L. (1983). Development and validation of short forms of some instruments measuring student perceptions of actual and preferred classroom learning environment. *Science Education*, 67(1), pp. 115-131.
- GARDNER, P.C. y TAMIR, P. (1989). Interest in biology I: A multidimensional construct. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(5), pp. 409-423.
- GAYFORD, C.G. (1989). Biology and human biology courses: pupils' experiences and attitudes to different types of teaching and learning activities. *International Journal of Science Education*, 10(1), pp. 71-80.
- GIL, D. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, pp. 17-32.
- GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), pp. 231-236.
- GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1983). A model for problem solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5(4), pp. 447-455.
- GIORDAN, A. (1982). *Liberación. Prioridad de la actitud científica*. La enseñanza de las ciencias. Madrid: Siglo XXI.
- GIORDAN, A. (1985). *La enseñanza de las ciencias*. Madrid: Siglo XXI.
- HODSON, D. (1993). Philosophy stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24(1-2), pp. 41-52.
- HOFSTEIN, A. y LAZAROWITZ, R. (1986). A comparison of the actual and preferred classroom environment in Biology and Chemistry as perceived by high school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(3), pp. 189-200.
- IBÁÑEZ, M.T. (2003). «Aplicación de una metodología de resolución de problemas como una investigación para el desarrollo de un enfoque ciencia-tecnología-sociedad en el currículo de biología de educación secundaria». Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- IBÁÑEZ, M.T. y MARTÍNEZ AZNAR, M.M. (2005). Solving problems in genetics II. Conceptual restructuring. *International Journal of Science Education*, 27(12), pp. 1495-1519.
- JAMES, R.K. y SMITH, S. (1985). Alienation of students from science in grades 4-12. *Science Education*, 69, pp. 39-45.
- JONES, G., HOWE, A. y RUA, M. (2000). Gender difference in students' experience, interests and attitudes towards science and scientists. *Science Education*, 84, pp. 180-192.
- KELLY, G.A. (1986). The development of girls' and boys' attitudes to science: a longitudinal study. *European Journal of Science Education*, 8(4), pp. 399-412.
- LAWRENZ, F. (1976). The prediction of student attitude toward science from student perception of the classroom learning environment. *Journal or Research of Science Teaching*, 13(6), pp. 509-515.
- LAZAROWITZ, R., HUG, J. y ALLMAN, V. (1985). Reasons why elementary and secondary students in Utha do and do not like science. *School Science and Mathematics*, 85(8), pp. 663-672.
- LEDERMAN, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, pp. 331-359.
- MANASSERO, M.A. y VÁZQUEZ, Á. (2001). Instrumentos y métodos para la evaluación de actitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), pp. 15-22.
- MARTÍNEZ AZNAR, M.M. y VARELA, M.P. (1996). De la resolución de problemas al cambio conceptual. *Investigación en la Escuela*, 28, pp. 59-68.
- MARTÍNEZ AZNAR, M.M. y OVEJERO, P. (1997). Resolver el problema abierto: teñir lanas a partir de productos colorantes naturales. Una actividad investigativa para la enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), pp. 401-422.
- MARTÍNEZ AZNAR, M.M. e IBÁÑEZ, M.T. (2005). Solving problems in Genetics. *International Journal of Science Education*, 27(1), pp. 101-121.
- MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1987). «La resolución de problemas como investigación: un instrumento de cambio metodológico». Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
- OÑORBE, A.M. (1993). «Análisis de las dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la resolución de problemas de Física y Química». Tesis doctoral. Universidad de Alcalá de Henares.

- ORTEGA, P., SAURA, J. P., MÍNGUEZ, R., GARCÍA DE LAS BAYONAS, A. y MARTÍNEZ, D. (1992). Diseño y aplicación de una escala de actitudes hacia el estudio de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(3), pp. 295-303.
- OSBORNE, J. y COLLINS, S. (2001). Pupils' view of the role and value of the science curriculum: a focus-group study. *International Journal of Science Education*, 23(5), pp. 441-467.
- OSBORNE, J., SIMON, S. y COLLINS, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), pp. 1049-1079.
- PELL, F. y JARVIS, T. (2001). Developing attitudes to science scales for use with children of ages from five to eleven years. *International Journal of Science Education*, 23, pp. 847-862.
- PORLÁN, R. (1993). *Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: Díada.
- RAMÍREZ, J.L. (1990). «La resolución de problemas de física y de química como investigación en la enseñanza media: un instrumento de cambio metodológico». Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
- REYES, J. V. (1991). «La resolución de problemas de química como investigación: una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico». Tesis doctoral. Universidad del País Vasco.
- SAHUQUILLO, E., JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P., DOMINGO, F. y ÁLVAREZ, M. (1993). Un currículo de ciencias equilibrado desde la perspectiva de género. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), pp. 51-58.
- SCHIBECI, R.A. (1984). Attitudes to science: an update. *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57.
- SERRANO, T. (1987). Actitudes y aprendizaje de las ciencias, en *Elementos didácticos para el aprendizaje de las ciencias*. ICE Universidad de Zaragoza, Educación Abierta, 17, pp. 46-73.
- SERRANO, T. (1988). Actitudes de los alumnos y aprendizaje de las ciencias. Un estudio longitudinal. *Investigación en la Escuela*, 5, pp. 29-38.
- SERRANO, T. (1989). Las actitudes en el aprendizaje de la biología, en Serrano, T. et al., *Aspectos didácticos de las ciencias naturales (biología) 4*. ICE. Universidad de Zaragoza.
- SIMPSON, R. D. y OLIVER, J. E. (1990). A summary of major influences on attitude toward and achievement in science among adolescent students. *Science Education*, 74(1), pp. 14-20.
- SIMPSON, R. D., KOBALLA, T. R., OLIVER, J. S. y CRAWLEY III, J. E. (1994). *Research on the affective dimension of science learning*, en Gabel, D. (ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Nueva York: MacMillan Publishing Company.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, 81(4), pp. 377-386.
- SPEAR, M.G. (1984). Sex bias in science teacher' ratings of work and pupils characteristics. *European Journal of Science Education*, 6, pp. 369-377.
- VARELA, M. P. (1994). «La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos». Tesis doctoral. Universidad Complutense. Madrid.
- VARELA, M.P. y MARTÍNEZ AZNAR, M.M. (1997a). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física. La resolución de problemas como actividad de investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 15, pp. 173-188.
- VARELA, M.P. y MARTÍNEZ AZNAR, M.M. (1997b). Investigar y aprender resolviendo problemas abiertos de física. *Revista Española de Física*, 11, pp. 32-37.
- VÁZQUEZ, Á. y MANASSERO, M.A. (1997). Una evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(2), pp. 199-213.
- WELCH, W. (1985). Research in science education: review and recommendations. *Science Education*, 69, pp. 421-448.
- YAGER, R.E. y PENICK, J.E. (1983). Analysis of the current problems with school science in the USA. *European Journal of Science Education*, 5, pp. 463-469.
- YAGER, R.E. y PENICK, J.E. (1986). Perception of four groups toward science classes, teachers and the value of science. *Science Education*, 70(4), pp. 335-363.

[Artículo recibido en diciembre de 2003 y aceptado en noviembre de 2005]