

CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DE GENÉTICA BÁSICA Y DIVISIÓN CELULAR EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA

AZEGLIO MONTAÑEZ, LAURA MELISA; MAYORAL NOUVELIÈRE LILIANA; SARA,
CLAUDIA^(1,2)

¹ Estudiante de grado de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales; Docente de profesorado en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales; Servicio de Apoyo Pedagógico y Orientación al Estudiante (SAPOE) Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo.

² lauraazeglio@gmail.com; lmayoralnouveliere@yahoo.com.ar; csara@fcen.uncu.edu.ar

RESUMEN

En la actualidad, los estudios sobre las concepciones alternativas del alumnado están siendo cada vez más tenidas en cuenta como punto de partida de las investigaciones en Didáctica de las Ciencias, en la búsqueda de referencias para la innovación de la enseñanza. En este sentido, renovar la práctica áulica, supone comprender que el conocimiento es una construcción que si parte de lo que el alumno ya sabe sobre un tema determinado para encontrarse luego con los conceptos científicos, se produce la posibilidad de un conflicto cognitivo y como consecuencia, el logro de un aprendizaje significativo.

Este trabajo relata una experiencia de investigación que tuvo como propósito indagar la presencia de las concepciones alternativas sobre genética básica en un grupo de estudiantes de nivel secundario. Para dicho análisis se diseñó un instrumento que consistió en una encuesta con una escala Likert (el cual fue validado por docentes del Departamento de Enseñanza de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Educación de la Universidad de Granada, España). Los resultados de la aplicación de esta encuesta, permitieron esbozar algunas líneas de intervención didáctica, para favorecer la construcción de conceptos significativos de genética básica y división celular.

Palabras clave: concepciones alternativas, genética, división celular, aprendizaje significativo.

INTRODUCCIÓN

Como afirma Sanmartí (s/d) uno de los aportes más potentes de las teorías psicológicas cognitivas permite afirmar que se ha aprendido cuando se ha modificado el modelo mental inicial de forma que la evolución de las explicaciones pone de manifiesto que ha ocurrido el aprendizaje. Ahora bien, ¿cómo saber qué ha existido evolución de las ideas iniciales? En general, las personas poseen distintas formas o modelos de explicación de la realidad que las rodea. La génesis y la evolución de muchas de estas maneras de explicar la realidad, surgen naturalmente pero no dejan de ser complejos procesos, producto de creencias personales, interacciones sociales, experiencias vividas y formas culturales de razonamiento. Cuando estas ideas no se parecen a las aceptadas actualmente por la ciencia, suelen llamarse concepciones alternativas. Este es el término que se viene usando en los últimos años con mayor consenso después de muchas otras expresiones (errores conceptuales, ideas previas, preconcepciones, etc.) razón por la cual será utilizado en este trabajo. De esta manera, se parte de la idea de que los estudiantes poseen ideas que pueden ser válidas y racionales en el contexto en el cuál surgen. Esto ocurre en diversas disciplinas del aprendizaje, y este trabajo se enfocará en el proceso de aprendizaje de la genética como disciplina científica.

Pozo (2010) reafirma esto diciendo que el significado de los conceptos científicos necesita el referente de los conceptos cotidianos, ya que los verdaderos conceptos solo pueden adquirirse por reestructuración, y la misma solo es posible si se apoya en asociaciones previas. En este sentido cuando los estudiantes afrontan el aprendizaje de la herencia no tienen un total desconocimiento acerca de los mismos. A través de diversas fuentes han estado recibiendo información y han construido sus propias concepciones, más o menos acertadas, y que pocas veces suelen coincidir con las que se consideran científicamente correctas. Al estar muy arraigadas en el alumnado, es importante tener en cuenta el papel que estas ideas iniciales en cuanto concepciones alternativas de los temas en cuestión, 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 los conceptos de la genética básica. Dichos aspectos pueden referirse a los conceptos en sí, a la forma de enseñarlos y a la manera de evaluarlos, entre otras consideraciones (Caballero Armenta, 2008).

En el mismo sentido las estrategias de cambio conceptual proponen comenzar el estudio de un tema, sacando a la luz las concepciones alternativas (desde la mirada científica) que los estudiantes tienen en este campo para, luego, ponerlas en cuestión, a través del uso de contraejemplos y provocar así conflictos cognitivos que faciliten el aprendizaje de las conceptos científicos. La influencia e importancia del medio social en la construcción del conocimiento, en una mirada vigotskiana, demanda generar espacios y estrategias que permitan poder discutir y fundamentar los distintos modelos explicativos de la realidad que subyacen en la comunidad de aprendizaje (Arceo et al. 2002).

Según Driver et al. (1985) uno de los principales inconvenientes en la enseñanza de la ciencia es la existencia de múltiples concepciones alternativas en el alumnado. La genética no es ajena a esta situación ya que han sido detectados, gracias a investigaciones didácticas, diferentes esquemas conceptuales alternativos, siendo éstos los cimientos sobre los cuales se construirá el nuevo conocimiento científico (Iñiguez Porras y Puigcerver Olivan, 2013; Figini y De Micheli, 2005).

Es por esto que surge la necesidad de crear nuevas estrategias de aprendizaje que hicieran posible el desplazamiento de las concepciones espontáneas por los conocimientos científicos concibiendo el aprendizaje de las ciencias como una construcción de conocimientos, que puede partir de las concepciones alternativas del alumnado. Se puede hablar así de la emergencia de un modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias, el cual supone

establecer relaciones entre los conocimientos preexistentes y los nuevos generando verdaderas redes (Driver, 1988; Ausubel, 2002).

El conocimiento del genoma humano, la obtención de clones de mamíferos, la legislación de diversos países sobre la prohibición de obtener clones humanos, los alimentos transgénicos, el uso del ADN para las investigaciones en criminalística o la determinación de paternidad y la detección de enfermedades hereditarias, son ejemplos de algunos aspectos de la genética que están apareciendo cada vez con más frecuencia en los medios de comunicación. Estos avances tienen implicancias sociales significativas, por tanto la ciudadanía debe manejar esta información para poder tomar parte activa en las discusiones que se generan en estas áreas (Figini y De Micheli, 2005), siendo la escuela el lugar donde se debe asegurar el aprendizaje y comprensión de esta disciplina.

Según Ayuso y Banet (2002) los estudiantes presentan escasos conocimientos de los conceptos fundantes de genética básica, entre ellos: gen, cromosoma, alelo, carácter, locus, gametos, cigoto y no comprenden la relación existente entre dichos conceptos. Además los alumnos suelen tratar como sinónimos diferentes términos que enuncian o denotan conceptos diversos tales como cromosomas-genes, genes-alelos e información genética-código genético. Por otra parte, no relacionan la segregación de cromosomas con reparto de genes y no comprenden que la variabilidad genética se produce por la recombinación de los genes durante la meiosis y la fecundación (Abril et al. 2002).

Por tanto, es necesario relacionar el conocimiento de la estructura y localización de los cromosomas con los procesos de división celular (mitosis y meiosis), y con la resolución de los problemas de genética, ya que si el alumnado localiza correctamente los cromosomas y los relaciona con la división celular, puede afrontar con mayor éxito la resolución de problemas de genética y por extensión un mejor conocimiento de los mecanismos de la herencia biológica (Lewis y Wood-Robinson, 2000).

METODOLOGÍA

A partir de la lectura de numerosas investigaciones en torno a la didáctica y aprendizaje de los conceptos científicos enunciados emergió la inquietud de indagar en estudiantes de establecimientos de Educación Secundaria pública de la provincia de Mendoza, pertenecientes a 3^{er} año, las ideas que poseen sobre división celular y genética básica. Según el diseño curricular, el concepto de célula y sus funciones han sido abordados en años anteriores, cuando se desarrollaron los conceptos vinculados a la reproducción de los seres vivos, asociando a los conceptos de genética básica o mendeliana.

Para esta investigación se diseñó un instrumento (encuesta) con escala tipo Likert en el que se exponían afirmaciones tanto de detección de concepciones alternativas y conceptos sobre división celular, como de conocimientos genéticos básicos. El mismo fue validado por docentes del Departamento de Enseñanza de las Ciencias Experimentales de la Facultad de Educación de la Universidad de Granada, España desde los criterios de pertinencia y claridad, en una escala de 1 a 6 (1 menor puntaje y 6 máximo puntaje), obteniendo 5 en pertinencia y 6 en claridad. Su colaboración fue esencial, ya que a la hora de reestructurar el instrumento inicial y desarrollar el definitivo, se pudieron hacer ligeras modificaciones en la redacción de algunos enunciados, quedando una estructura de 24 ítems.

Objetivos

1. Identificar el grado de discernimiento que poseen los estudiantes en torno a conceptos sobre la división celular y a la genética básica mendeliana.

2. Analizar las posibles concepciones alternativas que pueden impactar en estos procesos de construcción cognitiva.
3. Esbozar algunas líneas de intervención didáctica en torno a estos conceptos.

La experiencia docente e investigadora ha sacado a la luz la dificultad que se presenta en el alumnado, tanto secundario como universitario, a la hora de tratar y fijar los contenidos genéticos básicos.

Según Caballero Armenta (2008), existen varias causas posibles para este problema entre las cuales se encuentran algunos modelos explicativos que poseen los estudiantes y que no se asemejan a las explicaciones científicas (en ocasiones fruto del lenguaje común) que estarían fuertemente arraigadas y actuarían como obstáculos que dificultan la comprensión de la genética mendeliana bloqueando la comprensión de los mecanismos de la herencia. Por esta razón en este trabajo se sostiene que la asimilación de conceptos de división celular es la base necesaria para el aprendizaje significativo de los conceptos genéticos básicos.

Selección de la muestra

La investigación que aquí se presenta se realizó en la escuela de Educación Secundaria, de gestión estatal N° 4-001 “Dr. José V. Zapata” de la Provincia de Mendoza sobre una muestra integrada por 65 alumnos que cursaban 3^{er} año del secundario, siendo las Ciencias Naturales una asignatura obligatoria para todos los alumnos y los conceptos genéticos mendelianos básicos uno de los contenidos del currículo desarrollados en el ciclo lectivo anterior (hecho reconocido por el grupo muestral).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Los ítems que constituyeron el instrumento de investigación se agruparon en dos grandes grupos de 11 y 13 afirmaciones cada uno, aun cuando guardan una estrecha relación. El análisis de los resultados se resuelve por cada uno de estos apartados y en relación entre los mismos para buscar mayores señales de fortalezas y dificultades.

Grupo I: División celular

Se realizó el análisis de cada una de las afirmaciones, y se pudo observar que en la mayoría (10 de 11) de los enunciados, el porcentaje de respuestas correctas no supera el 40%. Mientras que el porcentaje de respuestas incorrectas y respuestas sin opinión definida hacen al 50% en 10 de 11 afirmaciones, con lo cual se destaca un llamativo número de alumnos que no comprendió, y/o no aprehendió conceptos centrales que según el currículo forman parte de los saberes e impactan en la formación de capacidades.

En este primer grupo se pone de manifiesto que el alumnado no tiene claro las diferentes formas de división celular, ni el tipo de célula según el número de cromosomas ni las características que poseen las células resultantes de estos mecanismos reproductivos, como tampoco el vínculo con la finalidad en los mecanismos de reproducción celular.

Las afirmaciones que conformaron el instrumento y el porcentaje de acierto por cada opción propuesta se muestran en la Tabla 1.

Nº	Afirmación	Porcentaje de acuerdo
1.	La mitosis ocurre en células sexuales.	4,6%
2.	La meiosis ocurre en células somáticas.	29,2%
3.	En la meiosis hay 2 divisiones. En la primera se separan cromosomas homólogos y en la segunda se separan cromátides.	29,2%
4.	En la meiosis se obtienen 4 células hijas haploides.	23,1%
5.	En la mitosis se obtienen 2 células hijas diploides.	43,1%
6.	Los óvulos y espermatozoides son células sexuales que provienen de la mitosis.	64,6%
7.	Los óvulos y espermatozoides son células sexuales que provienen de la meiosis.	38,5%
8.	En la profase meiótica ocurre recombinación homóloga de cromátides no hermanas de cromosomas homólogos	12,3%

Tabla 1: Mecanismos de división celular, características y finalidad: grado de acuerdo con la explicación dada.

Un alto porcentaje de estudiantes no reconoce en qué tipo de células, según la función, ocurre cada proceso de división celular, así las opciones 1 y 2 nos muestra que la aseveración errónea dada refiere grados de acuerdo que oscilan entre el 4,6% y el 29,2%, pudiéndose inferir que no hay claridad conceptual. Cuando se analiza el porcentaje de acuerdo para el ítem 5 se advierte que la finalidad de uno de los mecanismos de reproducción está presente en un porcentaje mayor, y probablemente se pueda relacionar con la denominación del mecanismo (anclado con mayor fuerza en los esquemas cognitivos). La denominación de la condición de la célula en relación al número de cromosomas podría estar “diluido” en el esquema cognitivo o directamente estar ausente si relacionamos el ítem 5 con los ítems 1 y 2. Una primera discusión vinculada a estos resultados podría ser que mitosis, al ser un tópico tratado en la educación secundaria con más asiduidad (pues se asocia a múltiples saberes demandados en la educación secundaria), esté mejor conceptualizado que la meiosis, pero con carencias. En consecuencia, los conceptos de haploidía y diploidía y la relación con los mecanismos de división celular están ausentes en muy alta frecuencia. La lectura de los ítems 6 y 7 confirmaría que el concepto de célula reproductora (óvulo y espermatozoide) no está consolidado.

El ítem 8, relacionado con los anteriores, sostiene afirmaciones en torno a un mecanismo de división celular. En este caso los estudiantes expresaron un escaso grado de acuerdo. La revisión de los libros de textos presentes en la biblioteca escolar y más frecuentemente usados, no siempre exponen el mecanismo de meiosis (Sellés Martínez et al, 1999), siendo el entrecruzamiento expuesto como causa de variabilidad sin el contexto de suceso; o lo hacen desde una propuesta fuertemente iconográfica en la cual el entrecruzamiento aparece entre profase y metafase (Carrera et al, 2001). Entonces, se podría deducir que el grado de acuerdo esté ligado, en parte, a los soportes de la ciencia escolar.

En la Tabla 2, se exponen los grados de resolución en acuerdo de los estudiantes en torno a conceptos como ADN y cromosomas.

Nº	Afirmación	Porcentaje de acuerdo
9	El ADN se enrolla para que la célula no pierda material genético en la división celular.	21,2%
10	El ADN como material genético determina las acciones de las células.	27,7%
11	Es más pequeña una célula que una molécula.	29,2%
12	Un cromosoma es ADN enrollado	38,5%
13	Un cromosoma es más grande que una célula.	20%
14	Un par de cromosomas homólogos está formado por un cromosoma del padre y uno de la madre.	31,8%
15	Cromátides hermanas es sinónimo de cromosomas homólogos.	60,6%

Tabla 2: Cromosoma y ADN: estructura y relación. Grado de acuerdo manifestado por la muestra encuestada.

Analizar los datos de la tabla 2 permite deducir que las asociaciones que implican la función del ADN y el contexto funcional no es relevante, por ello los procesos de división celular y el equilibrio en la distribución del material hereditario no sea plausible. Probablemente las concepciones alternativas portadas por los estudiantes los familiaricen con las ideas sobre ADN, pero no necesariamente en cuanto a la idea de funcionalidad en relación con la estructura del cromosoma, con el control de las funciones celulares. El ADN verbalizado como código genético o como información genética, seguramente, en el ideario de los estudiantes se aleje de la noción de molécula, sustancia con una estructura particular y con una función específica.

Esto, puede ser enriquecido con la mirada a los grados de acuerdo a las aseveraciones 11 y 13 que demandan la comparación entre célula-molécula-cromosoma. Se deduce que la ciencia escolar desarrollada en los diferentes ciclos lectivos, ha permitido que algunos alumnos elaboren una escala adecuada. Así célula no es una molécula y mucho menos puede ser contenida por un cromosoma. Desde lo estructural a lo funcional se infiere que la claridad en estas relaciones está presente en porcentajes próximos al 30%.

Por otro lado se infiere de las afirmaciones 14 y 15 que solo una pequeña parte de los alumnos (31,8%) conoce el significado de cromosoma homólogo, y esto se condice con el porcentaje resultante de la aseveración 15, donde el 60,6% consideró estar de acuerdo en la sinonimia entre cromosoma homólogo y cromátida hermana. De esto se infiere que, en el alumnado, existe en muy baja medida la relación entre los conceptos mencionados anteriormente.

El análisis, atendiendo, al concepto sostén: 'estructura-función' en el contexto de ADN es llamativo el alto porcentaje de estudiantes que no pueden emitir opinión. Las funciones celulares para poder multiplicarse y la función del ADN en el contexto de la fisiología celular tienen escaso anclaje cognitivo en los estudiantes de la muestra seleccionada.

La Tabla 3 muestra los porcentajes de acuerdo, desacuerdo y sin opinión dada por la muestra poblacional.

N°	Afirmación	Porcentajes de		
		Acuerdo	Sin opinión	Desacuerdo
9	El ADN se enrolla para que la célula no pierda material genético en la división celular.	21,2%	65,2%	13,6%
10	El ADN como material genético determina las acciones de las células.	27,7%	49,2%	23,1%

Tabla 3: ADN en la Reproducción celular. Porcentajes de estudiantes en cada categoría propuesta.

Grupo II: Conceptos genéticos básicos

Se efectuó el análisis de cada una de las afirmaciones y pudimos observar que en la mayoría (9 de 13) de los enunciados, el porcentaje de respuestas correctas no supera el 40%. Mientras que el porcentaje de respuestas incorrectas y respuestas sin opinión definida supera el 50% en 10 de 13 afirmaciones. Cabe destacar que en 10 de 12 casos de la muestra los porcentajes de respuestas sin opinión definida se encuentran en un rango de 35 a 65%, es decir que comparado a las respuestas sin opinión definida, en el conjunto de afirmaciones del grupo I, los alumnos seleccionaron menos veces esta opción. Probablemente el vocabulario presentado resuena más en los esquemas cognitivos de los estudiantes y se sientan con cierta confianza como para seleccionar la opción acuerdo o desacuerdo, a pesar de no ser científicamente correcta.

La tabla 4 permite analizar con mayor certeza lo enunciado de modo cualitativo.

N°	Afirmación	Porcentaje de acuerdo
16	Un gen es un factor hereditario (región del DNA) que participa en determinar una característica.	74,2%
17	Un alelo es una variante cualitativa de un gen.	21,2%
18	El genoma es el conjunto de alelos que posee un individuo.	22,7%
19	Un heterocigota es un individuo con un gen con 2 alelos diferentes.	30,3%
20	Un homocigota es un individuo con un gen con 2 alelos iguales.	22,7%
21	Locus se denomina al lugar que un alelo ocupa en el ADN.	16,7%
22	Fenotipo: manifestación de una característica.	45,5%
23	Genotipo: conjunto de alelos que posee un individuo.	42,4%
24	Cada organismo diploide posee 2 alelos para una característica. Estos 2 alelos se separan cuando se forman las gametas, en proporciones iguales.	38,5%

Tabla 4: Conceptos de genética básica. Grado de acuerdo con las sentencias dado por la muestra poblacional.

A menudo las palabras que denotan una estructura o una función causan cierta frontera en el aprendizaje. Si analizamos la opción 16 donde la interpretación se sostiene en la funcionalidad de un gen, el porcentaje de acuerdo es importante. Sin embargo, el concepto de alelo es menos conocido, al menos se puede inferir del escaso acuerdo expuesto, y desde aquí podemos comprender los porcentajes expresados en las opciones 17 y 21. Asociando con la opción 24, cuyo grado de acuerdo casi duplica el análisis anterior, podríamos deducir que el concepto de alelo no es el que hace peso en la sentencia, sino la noción de separación y equidad en la distribución del material genético. La lectura del material bibliográfico más frecuentemente utilizado por los estudiantes, siguiendo el criterio anteriormente expuesto, muestra que los conceptos de gen y alelo son tratados como sinónimos durante la extensión del texto explicativo (Carreras et al, 2001).

Los conceptos genoma, homocigota y heterocigota (opciones 18, 19 y 20) poseen un bajo grado de acuerdo. Esto puede relacionarse con lo expresado anteriormente.

Es interesante destacar también las diferencias porcentuales de las afirmaciones 18 y 23, donde el alumnado parece reconocer el término genotipo y en menor medida el término genoma, a pesar de poseer las mismas palabras en la afirmación. La pregunta que surge es: ¿Es probable que en el esquema conceptual de los estudiantes inmediatamente luego de la lectura, se haya producido una asociación entre alelo y gen, y con ello pudieron caracterizar el concepto de genotipo en una frecuencia mayor?

Los términos genotipo y fenotipo son re-conocidos por alrededor del 45% del alumnado, entonces, nuevamente, la pregunta que emerge es: ¿re-conocen el concepto de genotipo sin ser asociado a la idea de alelo? ¿Será que los trabajos didácticos, inferidos a partir de la bibliografía abundante en la educación secundaria, utilizan como sinónimo el concepto de gen y alelo y con ello la emergencia de la sinonimia?

La última afirmación ha tenido un porcentaje de acuerdo del 38,5%, esto es de gran relevancia para volver a preguntarnos, esa aseveración que incluye en su estructura el concepto de 'alelos', ¿tendrá mayor porcentaje de acuerdo que la opción 17 porque va acompañado de los vocablos 'diploide' y 'gametas', y que sean estos conceptos los que provocaron la decisión de la elección?

Las estrategias, procesos y recursos de intervención didáctica para estos conceptos demandan no solamente vigilar el material soporte a utilizar sino que deben ser favorecedoras de aprendizajes significativos, deberían contener material didáctico concreto, cuestionamientos, actividades capaces de provocar conflictos cognitivos y generar insatisfacción con las ideas que han expuesto los estudiantes, para que puedan manifestar sus concepciones, enfrentarse a situaciones que pongan en cuestión sus ideas y ayudar a transformarlas en otras científicamente aceptadas. (Sánchez y Valcárcel, 1993).

CONCLUSIÓN

Como se observa en los resultados obtenidos, el origen de las dificultades puede estar anclado en diferentes fuentes. El aprendizaje de genética requiere de múltiples conceptos que enriquecen y demandan aplicación, como fisiología celular en el proceso de división celular, características estructurales y funcionales del material genético, finalidad de los mecanismos de división celular.

La ciencia escolar no es la ciencia de los científicos, pero abrevia en ella, por ello es necesario buscar las razones desde lo cotidiano y desde los soportes de la ciencia escolar para mejorar las estrategias didácticas en pos de un mejor aprendizaje: El foco de intervención requiere que se resuelvan algunas cuestiones como:

- Identificar concepciones alternativas de los estudiantes en cuanto a célula, molécula, funciones vitales, transmisión de los caracteres hereditarios.
- Invitar a exponer y fundamentar las concepciones alternativas, mediante las representaciones en lenguaje icónico y/o verbal.
- Analizar y/o armar modelos tridimensionales reales o virtuales que permitan exponer las ideas sobre los diferentes tópicos, por ejemplo estructura de la célula eucariota.
- Revisar los materiales de soporte de la ciencia escolar a utilizar. Seleccionar los más idóneos desde el punto de vista representacional y lingüístico. Descartar aquellos que resultan imprecisos o que entorpezcan el proceso de interpretación.
- Reafirmar y corroborar los conceptos mediante la reutilización o nueva exposición de modelos (reales o virtuales) que refieren a la estructura celular y los procesos de reproducción celular (molécula de ADN, cromosoma-gen-alelo), así como a los procesos de mitosis y meiosis, íntimamente ligados con la resolución de problemas de genética.
- Proponer eventos de resolución de problemas donde por ejemplo la duplicación y distribución del material genético se realice mediante modelos concretos.
- Proponer eventos de explicación y fundamentación mediante el uso de modelos bidimensionales y tridimensionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abril, A. M., Muela, F. J., & Quijano, R. (2002). Herencia y genética: concepciones y conocimientos de los alumnos (1ª fase). *XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales Relación Secundaria Universidad*.

Arceo, F. D. B., Rojas, G. H., & González, E. L. G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista* (p. 465). McGraw-Hill.

Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Ed. Paidós.

Ayuso, G. E., & Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias* (Vol. 20, pp. 133-157).

Caballero Armenta, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias* (Vol. 26, pp. 227-244).

Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 109-120.

Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Glasgow: Milton Keynes, Open University Press

Figini, E., & De 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* (pp. 0001-5).

Íñiguez Porras, F. J., & Puigcerver Oliván, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10 (3), pp-307.

Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance- do students see any relationship. *International Journal of Science Education*, 22(2), 177-195.

Pozo, J. I. (2010). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.

Sánchez, G. y Valcárcel, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, pp. 33-44

Sanmartí, N. (s/d) “Enseñar y aprender ciencias: algunas reflexiones”. Consultado en: <http://www.guiasenseñanzasmedias.es/verpdf.asp?area=natura&archivo=GR104.pdf>

Sellés Martínez, J.; Vázquez, C.; Gordillo, G.; y Frid, D. (1999) *El libro de la Naturaleza. 9*. Buenos Aires: Ángel Estrada y Cía. S.A.