

Una actividad frecuente en el aula de Biología. El trabajo con problemas de Genética

Teresa Inés Legarralde¹, Carolina Elena Rosenberg², Pablo Martín de Andrea³, Natalia Arcarúa⁴, María Florencia Menconi⁵, Analía Mabel Piancazzo⁶

^{1,3,4,5}Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP, Ensenada, Buenos Aires, Argentina. ²Colegio Nacional "R. Hernández, UNLP, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

⁶Liceo "V. Mercante", UNLP, La Plata, Buenos Aires, Argentina

¹teresalegarralde@hotmail.com

Resumen

Los estudios vinculados a la enseñanza de contenidos genéticos demuestran que su abordaje resulta conflictivo debido a la complejidad y abstracción de los mismos. En la comprensión de los conceptos propios de la disciplina y en la resolución de problemas es donde se evidencian las mayores dificultades. Si bien existen trabajos realizados con estudiantes universitarios, resultan de interés los que incluyen a alumnos del Profesorado en Ciencias Biológicas. En este trabajo se presenta un estudio de caso en el que se indaga sobre las opciones y razones de índole didáctica que esgrimen los estudiantes universitarios de profesorado en Ciencias Biológicas acerca de las modalidades de abordaje de los problemas de Genética y las dificultades que encuentran en el proceso de resolución de problemas de tipo abierto y cerrado, así como las causas a las que atribuyen las mismas. En base a estos objetivos, se elaboró un cuestionario con preguntas abiertas cuyas respuestas permitieron construir criterios de análisis. Los resultados arrojaron que los estudiantes se inclinan por los problemas cerrados por encontrarlos simples y de fácil resolución; encuentran dificultades en los problemas abiertos que asocian al planteo los mismos y limitaciones individuales para resolverlos.

Palabras clave: Enseñanza, Estudiantes universitarios, Profesorado en Ciencias Biológicas, Problemas de genética.

Introducción

Los avances producidos en el último medio siglo en el área de la Genética han sido y son generadores de profundos debates sociales (éticos, religiosos, económicos, políticos), los cuales también se dan en el seno de la disciplina. Un recorrido histórico desde su origen, y su posterior evolución muestra que ha suscitado tensiones y controversias que cambiaron la dirección del progreso científico y que condujeron a los conceptos actuales de este campo. Estas controversias y debates alcanzan también al campo de la educación, particularmente en lo que atañe a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de nociones que resulta necesario comprender adecuadamente para poder avanzar hacia la interpretación de aspectos más complejos, los cuales involucran no solo contenidos conceptuales o disciplinares sino también procedimientos y actitudes privativas del área. Dado que la construcción de saberes en esta área resulta compleja

y requiere un importante nivel de abstracción, la inquietud respecto a las problemáticas de la enseñanza y el aprendizaje en el campo de la Genética dio lugar a distintas investigaciones a través de las cuales se ha identificado a la resolución de problemas como una de las dificultades de aprendizaje más destacadas en este campo, dado que la enseñanza de la Genética requiere un mayor nivel de capacidad analítica y de aplicación de conceptos matemáticos, sobre todo para la resolución de problemas. Un aspecto de interés es que los estudiantes pueden lograr resolver correctamente los problemas, pero sin encajar el algoritmo en el contexto del proceso genético, lo que pone en consideración la necesidad de introducir cambios curriculares y metodológicos respecto a la enseñanza de la Genética. En esta línea Ayuso y Banet (2002) realizan una reseña de las investigaciones llevadas a cabo respecto a las dificultades que presentan los estudiantes para aprender contenidos de genética; en opinión de los autores existen variados motivos que justifican el interés educativo sobre la enseñanza de la Genética; uno de ellos es que permitiría a los estudiantes una mejor comprensión de ciertos fenómenos biológicos de importancia, como la división celular, la reproducción y la transmisión y cambios de las características hereditarias. Contribuiría además al desarrollo de capacidades intelectuales y rutinas de trabajo propios de la labor científica, partiendo de las estrategias para la resolución de problemas que se ejercitan durante los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la Genética. Por otra parte, una dificultad presente es la que se asocia con los problemas de combinatoria y la comprensión del concepto de probabilidad; los problemas de herencia no se relacionan con la transmisión de la información genética, y tampoco con la meiosis, sino que en general son resueltos correctamente pero de manera mecánica. En este sentido, Rendón, Galagovsky, Stella y Alonso (2008), indagaron las dificultades que presentan los estudiantes de las asignaturas Biología e Introducción a la Biología Celular del Ciclo Básico Común de la Universidad de Buenos Aires, en el aprendizaje de las Leyes de Mendel; encontraron que la correcta resolución de los problemas no se correlaciona con un aprendizaje sustentable que permita verificar una comprensión del tema y que muchos estudiantes no logran relacionar los procedimientos utilizados y los resultados que obtienen del tablero o cuadrícula de Punnett con los de los conceptos propios de la disciplina. En un estudio realizado con alumnos de nivel superior por Corbacho (2009), se encontró que los estudiantes presentan dificultades para comprender conceptos y resolver problemas de Genética; algunas de sus observaciones indican que los "alumnos aplican los algoritmos para la resolución de problemas o representaciones como la tabla de Punnett sin que ello implique la comprensión de los conceptos involucrados en su resolución" (p.1022). Si bien existen trabajos como los mencionados, en los que han participado estudiantes universitarios, resultan de interés aquellos que consideran como población de estudio a alumnos de Profesorados en Ciencias Biológicas, quienes en su momento deberán enseñar dichos temas.

Como se planteó, la complejidad y abstracción de los contenidos genéticos representan los mayores problemas para su enseñanza y la consecución de los saberes propios de la disciplina; por otra parte, la resolución de problemas es una estrategia que suele privilegiarse para la enseñanza de los contenidos genéticos y constituyen

una dificultad que se les presenta a los docentes del área, quienes deben desarrollar habilidades para trabajar con problemas que promuevan una visión de la ciencia más real, creativa y contextualizada, vinculada al problema y a su proceso de resolución y no sólo a sus resultados. Ello implica el planteo de problemas que estimulen la indagación y razonamientos más complejos durante el transcurso de su resolución. En consonancia, Sigüenza Molina (2000) expresa que "Aprender a partir de los problemas en la enseñanza de la herencia biológica no es tarea fácil. Algunas de las causas responsables de ello residen en los estudiantes y otras, en las características de los problemas y en su forma de resolución." (p. 440). Como una alternativa para la enseñanza, resulta de interés utilizar problemas efecto-*causa*, es decir de los fenotipos observables (efecto) a los genotipos (*causa*), orientando los problemas hacia el análisis de datos, la emisión de hipótesis explicativas, etc.; comenzar por el planteo de situaciones sencillas que resulten de interés para los alumnos, formulando los problemas de manera más compleja a medida que los estudiantes adquieren experiencia en su resolución. En este sentido, cuando Ibáñez Orcajo (2002) se refiere a los problemas utilizados habitualmente para el aprendizaje de las Leyes de la Herencia, distingue dos grandes grupos: los problemas *causa-efecto* y los problemas *efecto-causa*. Según la autora los primeros son problemas donde se conocen los datos (genotipos, tipo de herencia) y se busca una determinada solución (proporción de fenotipos de la descendencia y sus genotipos); los señala como problemas cerrados, ya que tienen una única solución. Además se refiere a ellos como ejercicios donde se trata de completar un rompecabezas a partir de ciertas piezas, problemas que se realizan en un contexto de comprobación de conocimientos, y se resuelven aplicando algoritmos. Los problemas efecto-*causa* en cambio, son aquellos donde para encontrar la solución se debe razonar desde los efectos (fenotipos que se observan) a las causas (posibles genotipos), llegando a identificar el modelo de herencia implicado. Son problemas abiertos, en algunos casos pueden tener más de una solución y el enunciado suele no aportar todos los datos. Además, en el proceso de resolución de problemas *efecto-causa*, el estudiante pone en juego sus conocimientos, emite hipótesis y utiliza diversas estrategias de resolución; durante el mismo no se utilizan de forma inmediata algoritmos, y entonces estos problemas pueden señalarse como basados en procesos de investigación. Por estas razones son considerados como verdaderos problemas. Además, las habilidades y procedimientos que el alumno debe poner en juego en la resolución de problemas abiertos es mucho más variada que los implicados en resolver un problema cerrado; otra ventaja es el hecho que, a través de la resolución de problemas abiertos, se transmite una imagen de la ciencia y del trabajo de los investigadores más cercana a la epistemología actual (Ibáñez Orcajo, 2002).

Pensando en cuestiones investigables que aportaran información valiosa proveniente de futuros Profesores de Biología acerca de los problemas genéticos *causa-efecto* y *efecto-causa*, resultó una combinación de planteos abiertos que ponen en juego una serie de actividades intelectuales de orden superior que nos sitúan claramente ante un problema complejo en el plano didáctico vinculado a la enseñanza de la disciplina. Como producto de la reflexión se constituyeron dos cuestionamientos que fueron formulados como objetivos con el espíritu de orientar o guiar la investigación, de abrir

posibilidades de análisis y de promover discusiones concretas que aporten elementos teórico prácticos para la enseñanza y aprendizaje de la Genética, y en donde se logre evidenciar las relaciones que se establecen entre los actores involucrados en dicho proceso.

Objetivos

Explorar las opciones y razones de índole didáctica que esgrimen los estudiantes universitarios del Profesorado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP) sobre las modalidades de abordaje de los problemas de Genética.

Conocer las dificultades de los estudiantes en el proceso de resolución de problemas de Genética de tipo abierto y cerrado y las causas a las que atribuyen las mismas.

Desarrollo

Metodología

En esta investigación se adoptó un esquema de tipo exploratorio que se caracteriza por tener como principal propósito desarrollar experiencia para crear o seleccionar ideas o categorías de análisis que resulten relevantes; Hernández Sampieri, Fernández Collado y Lucio (2006), precisan que los estudios exploratorios permiten indagar sobre un tema desde nuevas perspectivas y resultan útiles para obtener información para otros estudios, establecer prioridades para investigaciones futuras o sugerir afirmaciones y postulados. Este tipo de investigaciones, en general, determinan orientaciones, identifican contextos o situaciones de estudio; también, tendencias potenciales entre variables. Según los mismos autores, estos análisis se caracterizan por ser más flexibles en su método, en comparación con los descriptivos, siendo más amplios y dispersos que estos otros. Sobre esta base, un proceso cualitativo-cuantitativo pareció ajustarse mejor a los aspectos que resultaron significativos para este trabajo. Se trata de un estudio de caso (Hernández Sampieri, et al., 2006) en el que la población de estudio incluyó a estudiantes del Profesorado en Ciencias Biológicas correspondiente a la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (FaHCE), Universidad Nacional de la Plata (UNLP), provincia de Buenos Aires.

En función de la opción metodológica realizada se recurrió a la encuesta en forma de cuestionario para la recolección de la información en el campo. Se utilizaron preguntas abiertas ya que dan al encuestado libertad en la respuesta y resultan de interés para conocer su marco referencial; por otra parte su empleo resulta oportuno en los estudios exploratorios o cuando no se puede presumir la opinión de la población a encuestar. Los cuestionarios integrados por preguntas abiertas son señalados por distintos autores como adecuados para estudios de esta naturaleza; al respecto, Hernández Sampieri et al. (2006), destacan las ventajas que ofrece la elección de un cuestionario abierto sobre otros instrumentos argumentando que ofrecen información más amplia o más precisa y permiten profundizar sobre algunos aspectos de interés para la investigación. El cuestionario fue

elaborado con la finalidad de recoger información aportada por estudiantes del Profesorado en Ciencias Biológicas respecto a los problemas genéticos “causa-efecto y “efecto-causa”, sus opciones y razones de índole didáctica para trabajar con uno u otro tipo de cruzamiento. También indagó sobre la resolución de problemas de Genética buscando la expresión de las dificultades encontradas durante el proceso de resolución de las distintas modalidades de problemas, así como de las causas a las que atribuyen las mismas. Es decir que el cuestionario buscó obtener información relativa al uso de expresiones diversas respecto a la resolución de problemas de Genética de tipo abierto y cerrado, las explicaciones y argumentaciones de profesores de Biología en formación, así como de sus decisiones ante situaciones de aula hipotéticas. Luego las respuestas se transcribieron y posteriormente se construyeron criterios de análisis específicos para el estudio de las mismas. En este sentido, las producciones de los estudiantes se codificaron y categorizaron, buscando patrones generales de respuesta en base a las que se establecieron categorías de tipo inductivo, es decir que los estudiantes encuestados no adhirieron voluntariamente a cierta categoría, sino que fueron los investigadores quienes clasificaron las respuestas dentro de la categoría correspondiente. Para esto se examinó y analizó cada respuesta como un segmento de contenido; estos segmentos se compararon considerando similitudes y diferencias para inducir cada categoría. De este modo, siguiendo este tipo de razonamiento, los segmentos que resultaron similares en términos de significado y concepto se ubicaron en una categoría común; en cambio si los segmentos de contenido eran diferentes, se colocaron en una categoría distinta. Esta tarea de identificar categorías relevantes de datos, facilitó el análisis e interpretación de los mismos y permitió extraer conclusiones significativas respecto al tipo de argumentaciones de los estudiantes del profesorado sobre las dos modalidades básicas utilizadas habitualmente para abordar los problemas de Genética: los problemas cerrados y abiertos. El cuestionario se suministró a una muestra de 52 estudiantes, los cuales se agruparon en dos niveles: a) alumnos noveles; b) alumnos avanzados. Se consideró como *noveles* (39) a los alumnos que hubieran realizado el siguiente trayecto respecto al tema objeto de estudio: además de haber recibido formación durante su tránsito por el nivel medio de la educación, en el tramo de la carrera que están realizando, hubieran aprobado el cursado de asignaturas en las que “Genética” es una unidad o tema del programa (e.g. Asignatura “Biología General” correspondiente al 1º año del plan de estudios). Los estudiantes que se consideraron como *avanzados* (13) fueron aquellos que además del trayecto mencionado para los alumnos novatos, hubieran aprobado la asignatura “Genética”, correspondiente al 4º año de la carrera. Esta resolución se tomó luego de examinar los distintos programas vigentes de las asignaturas que figuran en el plan de estudios, lo que permitió comprobar que Biología General y Genética son las únicas materias que abordan el contenido Genética en su programa.

Resultados

El planteo que se les formuló en el primer punto del cuestionario fue el siguiente:

Para trabajar con cruzamientos, el profesor titular del Curso en el que vas a hacer una suplencia te da dos opciones. Una de ellas es utilizar el siguiente problema como

ejemplo: En aves de corral, el alelo para cresta "en guisante", "G", es dominante completo sobre el alelo para "cresta sencilla", "g". Realiza la siguiente cruce: un ave homocigota de cresta sencilla con otra homocigota de cresta en guisante.

- *Indica las proporciones genotípicas y fenotípicas en la descendencia (F1).*
- *Si se cruzan dos individuos de la F1, ¿Cuál será el genotipo y el fenotipo de la F2?*

La otra opción es trabajar con el problema que sigue:

Mariano es un hombre de ojos oscuros y tiene una hermana de ojos claros y un hermano de ojos oscuros. Sara es una mujer de ojos claros que tiene un hermano de ojos oscuros. Considerando lo anterior responde los siguientes puntos:

- *¿Qué color de ojos pueden tener los padres de Sara?*
- *¿Cuál puede ser el color de ojos de los padres de Mariano?*
- *¿Cuál es el carácter dominante?*
- *¿Cómo podrían ser los descendientes del matrimonio entre Mariano y Sara?*
 - a. *¿Por cuál de los problemas optarías?*
 - b. *¿Por qué?*

Al presentarse como alternativas para utilizar en una clase uno de estos tipos de problemas, uno del tipo cerrado, causa-efecto (es decir, dados los genotipos, obtener los fenotipos), y el otro abierto, efecto-origen (a partir de los fenotipos deducir los genotipos), se encontró que la mayoría de los estudiantes optó por el primer problema, cerrado (74% del total de noveles y 85% del total de avanzados). Por su parte, el resto de los alumnos optó por el segundo problema, abierto (26% del total de estudiantes noveles y el 15% del de avanzados). El análisis de las respuestas dadas en la segunda parte de este punto del cuestionario, donde se consultó a los encuestados el porqué de su elección, permitió definir las siguientes categorías:

Categoría 1: El problema es fácil/sencillo/simple/ práctico/ de resolución inmediata.

Categoría 2: El problema posee los datos necesarios/es completo.

Categoría 3: El problema facilita la comprensión de conceptos.

Categoría 4: El problema fomenta el pensamiento/ enfrenta al alumno a situaciones cotidianas.

Categoría 5: No responde

Quienes seleccionaron el problema cerrado para trabajar con cruzamientos genéticos en una clase hipotética, dieron los siguientes motivos: cerca del 60% de los alumnos noveles se ubicó en la categoría 1, dado que argumentaron en alusión a la simplicidad del problema y su posibilidad de resolución inmediata; en cambio esta inclinación fue menor en los estudiantes avanzados (36%). Un grupo de encuestados noveles (21 %), se ubicó

en la categoría 2 por considerar que el primer problema presenta los datos necesarios para su resolución. En esta misma categoría se incluye al 36,36 % de los estudiantes avanzados. Para otros, la razón de su elección se debió a que consideran que el problema facilita la comprensión de conceptos, por lo que fueron ubicados en la categoría 3 (17% de las respuestas dadas por estudiantes noveles y 27% de las de los avanzados). Por otra parte un grupo menor de estudiantes noveles (3,5%) esgrimió como razones de su elección la vinculación del problema con situaciones cotidianas y su capacidad de fomentar el pensamiento (categoría 4).

En relación al problema 2 y las respuestas dadas por los estudiantes noveles respecto a esta elección, el 30% corresponde a la categoría 1 (simple, sencillo, práctico); un 10% considera que presenta los datos completos (categoría 2); el 40% argumentó que el problema facilita la comprensión de conceptos (categoría 3); un 10% señala que fomenta el pensamiento y el vínculo con situaciones cotidianas (categoría 4), mientras que el 10% restante no argumentó su elección. Se encontró además que un alumno novel no respondió justificando su elección. Finalmente, los dos estudiantes avanzados que optaron por este tipo de problema lo hicieron por considerar que esta modalidad facilita la comprensión de conceptos.

En el segundo punto del cuestionario se propuso a los estudiantes:

Resuelve los problemas del punto anterior. ¿Tuviste dificultades para resolver alguno de ellos o ambos? Si fue así ¿a qué crees que se deben dichas dificultades?

En este sentido la mayoría de los alumnos resolvió uno o ambos problemas (88,46% del total de estudiantes), en tanto que el resto (11,54%) correspondió a los que no resolvieron ninguno de los problemas y a los que dieron a entender que los resolvieron, pero los pasos seguidos no se desplegaron en la encuesta. Considerando el grupo que desarrolló procedimientos de resolución de problemas, el 92% fueron alumnos noveles (el 8 % restante no resolvió ninguno de los problemas), y el 77%, estudiantes avanzados (el 23% da a entender que los resolvieron pero las operaciones seguidas no se hallan en la encuesta).

Respecto a la pregunta *¿Tuviste dificultades para resolver alguno de ellos o ambos?*, un porcentaje elevado no responde a la pregunta (73%), siendo este más alto en noveles que en avanzados (79% y 54% respectivamente); cerca del 6% expresa no haber tenido dificultades, mientras que el 21% señala que sí. De estos, la mayoría corresponde a alumnos noveles (73%) donde uno de los estudiantes asocia sus dificultades al primer problema y el resto al segundo; en cambio los alumnos avanzados (30%) reconocen limitaciones para enfrentar el proceso de resolución del segundo problema. Cuando se les preguntó *¿A qué crees que se deben dichas dificultades?*, del mismo modo que lo ocurrido en la pregunta anterior, un número elevado de estudiantes no respondió (71%); aquí, los valores más altos correspondieron a los estudiantes noveles (84%) por sobre los avanzados (16%). Los noveles fueron los que respondieron en mayor porcentaje acerca de las dificultades (67%) respecto a los avanzados (33%); de estos, sólo un alumno manifiesta haber tenido

dificultades para resolver el problema 1, refiriendo que *"tiene consignas con puntos muy específicos y la forma en que está planteado resulta algo confusa"*. En cambio, el resto señala al 2º problema como fuente de dificultades, expresando en su mayoría que su planteo no es muy claro, le faltan datos o no se puede resolver con los datos que se brindan. Los demás argumentan de modos diversos como *"ha faltado práctica de mi parte"*, *"no sé cómo hacerlo"*, *"no recuerdo bien los contenidos"*, *"no sé si colocar el color de ojos simplemente con palabras o bien expresarlo con alelos dominantes y recesivos"*.

Discusión

El análisis de los resultados permite observar que, ante la posibilidad de optar, la tendencia se inclina hacia el primer problema, de tipo cerrado. Por otra parte, el origen de dificultades durante el proceso de resolución se concentra en el segundo problema, de modalidad abierta. Si se considera que los problemas abiertos permiten al alumno poner en juego habilidades y procedimientos más variados y complejos que los implicados en resolver un problema cerrado, y que además, a través de la resolución de problemas abiertos, se transmite una imagen de la ciencia y del trabajo de los investigadores más cercana a la epistemología actual (Ibáñez Orcajo, 2002), resultan de interés algunas reflexiones. Suponiendo que los alumnos han realizado un trayecto avanzado en la carrera y que esto les permitiría conocer las ventajas didácticas de la utilización de los distintos tipos de modalidad de abordaje, es posible pensar que estas tipologías de trabajo con problemas de Genética deberían ser consideradas especialmente por los estudiantes próximos a egresar, como estrategias de enseñanza apropiadas. Sin embargo puede pensarse que, tal como ocurrió con la población de estudiantes del nivel superior con la que trabajaron Corbacho y De (2009), ellos mismos tengan más facilidad para la resolución de los problemas cerrados y recuerdan de memoria algunos procedimientos que se realizan mecánicamente, y que esto incline su preferencia por esta modalidad de trabajo. Acordando con los mismos autores, y pensando en el futuro profesional de la población bajo estudio, consideramos que sería necesario el planteo de actividades de metacognición, para lograr la comprensión profunda de los modelos científicos y el desplazamiento de aprendizajes memorísticos hacia el desarrollo de estrategias cognitivo-lingüísticas. Las comparaciones realizadas permiten observar que la elección de los problemas ante una situación de aula hipotética, y sus justificaciones, en la mayoría de los casos, no se correlaciona con un aprendizaje sustentable que permita verificar una comprensión del tema, como señalan Rendón et. al (2008), al referirse a la resolución de problemas de Genética utilizando el tablero de Punnett. Según los datos aportados por este estudio, las decisiones e inclinaciones por el problema cerrado se asocian a la simplicidad del problema, a la presencia de datos suficientes en el mismo y a la posibilidad de resolverlo de manera mecánica, cuestiones que muchos estudiantes parecen privilegiar para la consecución de una rápida resolución. También parecen definir el tipo de análisis que realizan sobre el problema abierto, que resulta ser además, el que se les presenta como más complejo, fuente de dificultades y de difícil resolución ya que requiere relacionar, deducir y abordarse de otro modo respecto a su análisis. En este sentido resultaría de interés indagar respecto al tipo de relaciones que establecen los estudiantes entre los procedimientos utilizados y los resultados que

obtienen a partir del proceso de resolución, con determinados conceptos centrales de la disciplina establecidos en su estructura cognitiva, y el valor que le otorgan a estos. Ello permitiría obtener información sobre las diversas causas responsables de las interferencias en los aprendizajes en este campo, en concordancia con Ayuso y Banet (2002), Rendón et al. (2008) y Sigüenza Molina (2000), entre otros autores.

Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que los estudiantes universitarios encuestados se inclinan por los problemas de Genética con una modalidad de abordaje cerrada, tendencia que se observa tanto en estudiantes noveles como en avanzados. Los argumentos que esgrimen para fundamentar esta opción se asocian a la simplicidad de este tipo de problemas, a la presencia de datos suficientes para su resolución y, en menor medida a que facilitan la comprensión de conceptos. Las dificultades expresadas en el proceso de resolución de problemas están vinculadas con los problemas de tipo abierto, modalidad en relación a la cual se reconocen limitaciones para realizarlos y se les atribuye ausencia de datos suficientes y un planteo poco claro.

A partir de los hallazgos de este trabajo, el cual forma parte de una investigación más amplia, y de los aportes de los diversos autores consultados, se detectan ciertas necesidades vinculadas a los procesos de enseñanza relacionados a las modalidades de abordaje en el trabajo con problemas genéticos. Una de ellas es la de introducir cambios metodológicos respecto a la enseñanza de la Genética, profundizando en el análisis y potencialidades de cada modalidad de trabajo con problemas en los años superiores de la carrera de profesorado; esta idea, fundamentada en criterios que apunten hacia la calidad de los aprendizajes y que consideren su utilidad formativa para los futuros profesores. En este sentido y a partir de la detección de estas necesidades, las recomendaciones o propuestas podrían contemplar el diseño de propuestas instruccionales que atiendan a los conocimientos previos de los alumnos y que faciliten el desarrollo y evolución de los procesos de conceptualización; para ello se deberían tomar en consideración también las dificultades y obstáculos de aprendizaje presentes en los estudiantes universitarios y futuros profesores. Otro aspecto a considerar es el de articular en una visión integral la estructura y dinámica celular con los procesos genéticos para evitar que estos sean comprendidos parcialmente. De este modo se favorecería en los estudiantes la posibilidad de establecer relaciones entre problemas de herencia con la transmisión de la información genética y con la meiosis; además se evitaría que estos problemas sean resueltos correctamente pero de manera mecánica. Otra posibilidad es comenzar por el planteo de situaciones sencillas que resulten de interés para los alumnos, formulando los problemas de manera más compleja a medida que los estudiantes adquieren experiencia en su resolución; utilizar problemas efecto-causa, es decir de los fenotipos observables (efecto) a los genotipos (causa), orientando los problemas hacia el análisis de datos, la emisión de hipótesis explicativas, etc., transmitiendo una imagen de la ciencia y del trabajo de los investigadores más cercana a la epistemología actual, orientada hacia la construcción de saberes sociales. Ello representa un verdadero desafío para la formación docente, por lo

que se presenta como una línea a considerar y con un rol protagónico en el campo de la educación del siglo XXI.

Referencias Bibliográficas

- Ayuso, E. y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1):133-157.
- Corbacho, V. y De, P. (2009). Enseñanza de la genética en la educación de nivel superior: dificultades para comprender conceptos y resolver problemas. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona: 1020-1023
- Hernández Sampieri, R.; Fernández-Collado, C.; Lucio, P. (2006). Metodología de la Investigación. Mac Graw-Hill: México.
- Ibáñez Orcajo, M. T. (2002). 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, Facultad de Ciencias de la Educación, España.
- Rendón, C.; Galagovsky, L.; Stella, C.; Alonso, M. (2008). La Resolución de Problemas de Genética con el Tablero de Punnett: Un método eficiente que oculta un aprendizaje deficiente. En actas de las VIII Jornadas Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología realizados en Mar del Plata Buenos Aires Argentina del 9 al 11 de octubre de 2008: 1-2.
- Sigüenza Molina, A. (2000) Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3):439-450.