

Diseño e implementación de material didáctico para la enseñanza de genética mendeliana en estudiantes de grado décimo

Design and implementation of didactic material for the teaching of mendelian genetics in tenth grade students

Valentina Rojas-Agudelo¹ y Marleny Salazar-Salazar^{1*}

-
- ¹. Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental. Universidad del Quindío. Armenia-Quindío, Colombia.
 - ². Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental. Universidad del Quindío. Armenia-Quindío, Colombia
-

Recibido: Julio 20 de 2019

Aceptado: Septiembre 12 de 2019

*Correspondencia del autor: Marleny Salazar-Salazar,
E-mail: masasa@uniquindio.edu.co

Resumen

La genética es uno de los temas más tratados en didáctica de la biología debido a su importancia y complejidad. Se planteó como objetivo de la investigación, diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de la genética mendeliana en estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa INEM José Celestino Mutis de Armenia-Quindío. La metodología consistió en tres fases: un diagnóstico, para determinar los conocimientos previos de los estudiantes sobre genética mendeliana; una intervención, donde se empleó el material didáctico diseñado cuyo propósito era la resolución de situaciones problema; y una evaluación, donde se plantearon situaciones problema de genética mendeliana para determinar la incorporación del aprendizaje en los estudiantes. Se encontró en el diagnóstico que los estudiantes venían con falencias conceptuales muy marcadas provenientes principalmente de ideas culturales que hacían parte de su contexto y daban lugar a conflictos cognitivos; sin embargo, a partir de la intervención con el material didáctico se logró generar en los estudiantes un aprendizaje significativo en la medida que hubo apropiación e incorporación conceptual y desarrollo de habilidades procedimentales para la genética, lo cual se evidenció en los resultados obtenidos en la evaluación, donde se hace evidente la relevancia del aprendizaje de la genética desde el constructivismo pedagógico. Dado lo anterior, se concluye que, a partir del diseño e implementación de la propuesta didáctica se logró facilitar el proceso de aprendizaje del tema de genética mendeliana por parte de los estudiantes y esto se evidenció en las competencias científicas desarrolladas.

Palabras clave: aprendizaje, didáctica, enseñanza, estrategia, herencia.

Abstract

Genetics is one of the most discussed topics in the didactics of biology due to its importance and complexity. As a research objective, a didactic proposal was designed for the teaching and learning of Mendelian genetics in the students of tenth grade of the Educational Institution INEM José Celestino Mutis of Armenia-Quindío. The methodology consisted of three phases: a diagnosis, to determine the students' previous knowledge about Mendelian genetics; an intervention, where the material was used; and an evaluation, where problems of Mendelian genetics were raised to determine the incorporation of learning in students. It was found in the diagnosis that the students came with very marked conceptual mistakes as cultural ideas that were part of their context and gave rise to cognitive conflicts; however, from the intervention with the didactic material is learned is to the extent that has been used the the development procedural skills for genetics, which is evident in the results in the evaluation, where the relevance of the learning of the genetics from the pedagogical constructivism is evident. Given the above, it is stated that, based on the design and implementation of the didactic proposal, the learning process of the genetic mendelian theme by students is facilitated and this is evidenced in the developed scientific competences.

Keywords: didactics, heritage, learning, strategy, teaching.

Introducción

La genética es uno de los temas más tratados en la didáctica de la biología debido a su importancia y complejidad, ya que es un área de rápida expansión con importantes implicaciones económicas, éticas y sociales (1). Se ha considerado la genética como eje transversal de enseñanza porque desde hace ya más de dos décadas, se ha demostrado la importancia que los profesores de ciencias le atribuían a la enseñanza de esta disciplina (2). Es así como actualmente, el estudio de la naturaleza del material hereditario y de los mecanismos de la herencia se inicia en la educación secundaria obligatoria, momento en que el estudiante entra en contacto, desde el punto de vista académico, con los conceptos genéticos (3).

En vista de lo anterior, se han realizado algunas investigaciones didácticas gracias a las cuales se ha puesto de manifiesto que los estudiantes tienen dificultades para entender muchos conceptos sobre genética (4) y cuyos resultados han mostrado la necesidad de investigar con mayor profundidad sobre la enseñanza de la biología en general y de la genética en particular, ya que los estudiantes presentan dificultades para entender la gran mayoría de los conceptos que se manejan desde esta asignatura (3).

Entre los principales conflictos de la enseñanza de la

genética identificados, se encuentra el tema de genética mendeliana, el cual de acuerdo con los Derechos Básicos de Aprendizaje debe ser enseñado en grado noveno (5). Como es sabido, las leyes de Mendel son el conjunto de reglas básicas sobre la transmisión por herencia de las características de los organismos padres a sus hijos y su exponente es el biólogo austriaco Gregor Mendel, considerado la base piramidal de la genética (3).

Sin embargo, generalmente los estudiantes desconocen la manera como se transmiten las características de padres a hijos o por qué una especie posee determinadas características. Todo ello conduce a que la enseñanza de la herencia en la secundaria junto con todas las teorías de biología celular que de esta se derivan, se convierta en un verdadero desafío para el educador de hoy (6).

Esto se evidencia en el hecho de que cuando se trata de introducir estos conceptos en la educación, hay un rechazo hacia la genética y la biología por su abstracción, dificultad y desconexión con lo cercano al estudiante (7). Este problema se ve reforzado con el contexto educativo, que parece seguir pasando una especie de transición de una educación enciclopédica a una que promueva el análisis crítico en el estudiante basado en teorías científicas (8); además, esta interpretación de la forma de enseñar genética tampoco permite que el alumnado pueda interrelacionar con sus compañeros ni con el profesor, siendo este un mero transmisor de conceptos y el estudiante un receptor pasivo de información (9).

Parece entonces que las herramientas y estrategias de enseñanza clásicas no están generando cambios conceptuales ni el desarrollo de las competencias básicas, lo cual se refleja en una dificultad de los estudiantes para entender los conceptos básicos de la genética (8) y siguiendo a Rizo (10), cada vez es más necesario que las actividades de enseñanza y aprendizaje se piensen y se diseñen en función de su contribución a la plena e integral formación del estudiante como persona y como profesional. Así, de acuerdo con Íñiguez (11), la complejidad del estudio de la genética en la enseñanza secundaria proviene, en gran medida, de la naturaleza de sus conceptos y se incrementa por el hecho de tener que aplicarlos a estrategias de aprendizaje complejas en sí mismas, como la resolución de problemas.

En este sentido, se hace necesario reflexionar sobre el origen de los obstáculos que los estudiantes encuentran en el aprendizaje de la genética mendeliana, así como proponer alternativas en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Por tanto, se planteó como objetivo de la investigación, diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de la genética mendeliana en estudiantes de grado décimo, a partir de su implementación y posterior evaluación. Así, con el desarrollo de la propuesta se pretende facilitar el proceso de aprendizaje del tema por parte de los estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa INEM José Celestino Mutis de Armenia-Quindío. No obstante, teniendo en cuenta que las falencias descritas anteriormente se presentan en la mayoría de los estudiantes de secundaria, esta estrategia podría ser aplicada en cualquier ámbito para introducir los conceptos genéticos.

Materiales y métodos

Se realizó un trabajo de tipo cualitativo, con enfoque descriptivo; el cual corresponde a un estudio piloto del material didáctico diseñado para determinar si la metodología aplicada que se describe a continuación generó o no aprendizajes en los estudiantes.

Área de estudio. La investigación se realizó en la Institución Educativa INEM José Celestino Mutis de la ciudad de Armenia-Quindío, una institución de carácter oficial, mixta y ubicada en la zona urbana.

Población de estudio. 39 estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa INEM José Celestino Mutis de Armenia-Quindío con edades comprendidas entre 14 y 17 años, ubicados en dos grupos, el primero con

modalidad en comercio y el segundo con modalidad en electrónica.

El trabajo se realizó con los dos grupos fusionados, donde se pretendía identificar los aprendizajes adquiridos por los estudiantes en el año anterior sobre conceptos y procedimientos generales de genética mendeliana, hacer una intervención con el material didáctico y evaluar la eficiencia del mismo. Para ello, se realizaron tres encuentros utilizando el espacio de la asignatura Biología. Dando cumplimiento a lo anterior, el trabajo se desarrolló en tres fases:

1. Fase de diagnóstico

En el primer encuentro, se realizó un cuestionario (Anexo 1) con el propósito de indagar los conocimientos adquiridos por los estudiantes de grado décimo sobre genética mendeliana. Este instrumento abordó preguntas en un lenguaje con la terminología propia de la genética, teniendo en cuenta que debía ser reconocida por los estudiantes y algunas competencias que debían haber adquirido en grados de escolaridad anteriores.

Los resultados fueron analizados bajo procedimientos de estadística descriptiva y posterior a ello se planeó la intervención a partir del material didáctico como herramienta para su desenvolvimiento.

El material didáctico elaborado consistió en un juego de cartas llamado “Descubre mis genes”, basado en el planteamiento de una familia conformada por mamá y papá, quienes van a tener un bebé y desean saber cuáles son las características hereditarias que transmitirán a su hijo o hija, teniendo en cuenta las características genéticas que poseen ellos. Los estudiantes a partir del juego desarrollarán los conceptos de gen, alelo, dominancia, recesividad, homocigosis y heterocigosis, mediante la resolución de situaciones problema.

La herramienta didáctica estaba conformada por 90 fichas distribuidas así (Figura 1):

- 3 tarjetas con las ilustraciones de los personajes principales (mamá, papá y bebé).
- 5 tarjetas con las instrucciones del juego.
- 12 tarjetas con las características hereditarias y sus variantes.
- 20 ilustraciones de las diferentes variaciones fenotípicas del bebé.
- 50 cartas con las ilustraciones de los alelos disponibles para cada padre por cada característica.



Figura 1. Material didáctico diseñado e implementado: juego “Descubre mis genes”.

2. Fase de intervención

En el segundo encuentro, se implementó en ambos grupos el material didáctico diseñado, donde se planteó a los estudiantes la situación problema en la cual estaba basado el juego y ellos debían dar respuesta a las diversas situaciones que se mencionaban durante el desarrollo de la dinámica.

Finalmente, se realizó una construcción global de lo aprendido, donde los estudiantes generaron aportes con el fin de interiorizar los saberes aprendidos en el juego a conceptos genéticos y se colocaron nuevos ejemplos donde se explicó a los estudiantes cómo realizar cruces monohíbridos a partir de métodos sencillos.

3. Fase de evaluación

En el último encuentro, se implementó una guía de clase evaluativa (Anexo 2), cuyo objetivo fue determinar la apropiación de los aprendizajes adquiridos por los estudiantes a partir de la intervención con el material didáctico, con respecto a diferentes conceptos de genética mendeliana y la resolución de problemas sencillos con respecto a cruces monohíbridos.

Al final, se compararon los resultados de esta evaluación con los obtenidos en el cuestionario diagnóstico, con el propósito de culminar exitosamente la prueba piloto del material didáctico para la enseñanza y aprendizaje de genética mendeliana.

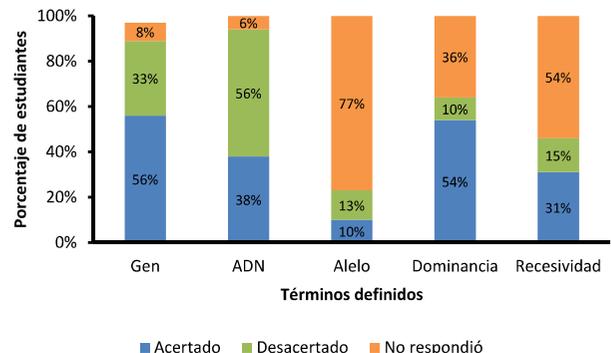
Resultados

1. Fase de diagnóstico

Con respecto al gusto por la biología manifestado por los estudiantes, se encontró que el 49% de ellos tenía un gusto de 3 en una escala de 1 a 5, sin embargo, el 31% aludió que no le gustaba la biología asignándole un valor entre 1 y 2 y solo un 18% de los estudiantes presentaban gusto por la disciplina entre 4 y 5. El 2% restante de la población no respondió.

De acuerdo con las preguntas realizadas en el cuestionario, la primera invitaba a los estudiantes a la construcción de definiciones de términos genéticos a partir de sus conocimientos previos. Frente a esto, se encontró que con respecto al término gen, el 56% lo definió de forma acertada haciendo referencia a que este era “un fragmento del ADN” o “el que llevaba los rasgos genéticos”. En cuanto al término ADN, se hallaron principalmente descripciones desacertadas (56%), donde predominó un error conceptual en varios estudiantes quienes afirmaron que “el ADN es el tipo de sangre”.

Con respecto al término alelo, solo un 23% de los estudiantes lo definió y únicamente el 10% lo hizo de forma acertada, lo cual evidenció el desconocimiento de este vocablo por la mayoría del grupo (77%). Frente a los términos de dominancia y recesividad, se encontró que había en general claridad y adecuada descripción del primer término (54%), pero desconocimiento en la mayoría del segundo término (54%), donde se encontró otro error conceptual en los estudiantes al decir que la recesividad era “la capacidad de recibir” (Gráfica 1).



Gráfica 1. Porcentaje de acierto y desacierto de términos genéticos definidos por estudiantes de grado décimo a partir de sus conocimientos previos adquiridos.

De las tres preguntas abiertas abordadas en el cuestionario, se encontró que las preguntas 2 y 4 presentaron mayor porcentaje de acierto que de desacierto (80 y 67%, respectivamente) (Gráfica 2). La pregunta 3 no se tuvo en cuenta en el análisis debido a que su propósito era contextualizar al estudiante con una situación de su vida.

En la pregunta 2, los estudiantes afirmaron de forma acertada que el hecho de que algunos hijos se parezcan a sus padres y otros no se debe a “*la presencia de genes más fuertes*” o la “*presencia de genes de abuelos o tíos*” (80%). Con respecto a la pregunta 4, el 67% afirmó que el grupo sanguíneo que tenía era igual al de su familia y esto se debía a la presencia de los mismos genes, lo cual se tomó como una descripción acertada. No obstante, en ambas preguntas el lenguaje utilizado por los estudiantes en sus narraciones no correspondía a la terminología propia de la genética, sino que empleaban un lenguaje cotidiano.

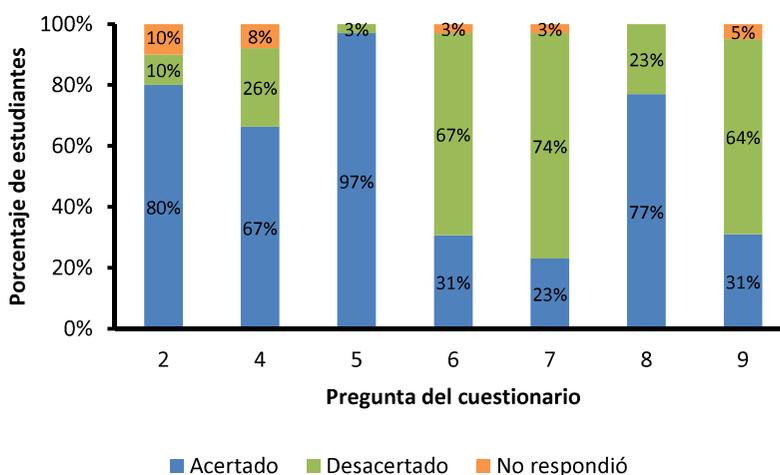
Las preguntas 4 a 9 fueron cerradas, con opción múltiple y única respuesta. En este caso, se encontró que la pregunta 5 que indagaba por la definición de gen fue la que mayor porcentaje de acierto obtuvo (97%), donde los estudiantes identificaron fácilmente al gen como el que contiene la información genética.

En la pregunta 6, se encontró otro error conceptual muy

marcado en los estudiantes, quienes señalaron la sangre como la ubicación por defecto de los genes (59%) y dieron otras respuestas desacertadas como membrana celular y citoplasma; mientras que solo el 31% logró identificar los cromosomas como estructuras donde se ubican los genes.

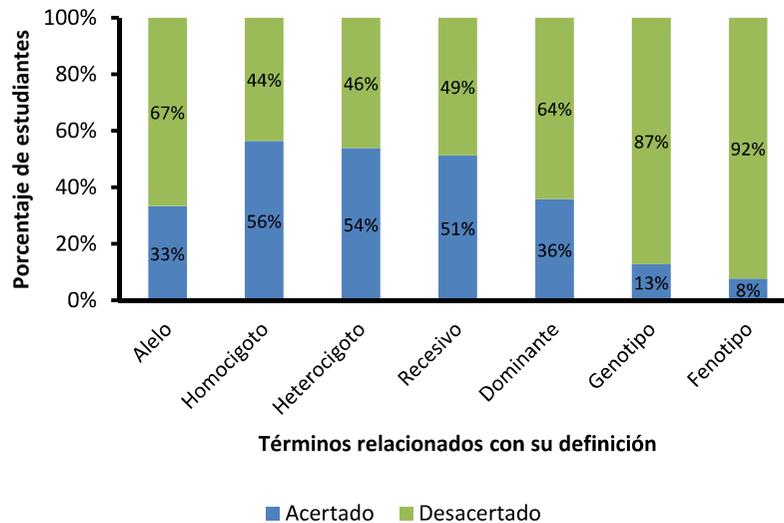
Al igual que la anterior, la pregunta 7 dio cuenta de una confusión en los conceptos de homocigosis y heterocigosis en los estudiantes, donde solo el 23% afirmó que la presencia de dos alelos diferentes del mismo carácter es denominada heterocigosis y el 77% restante nombró este fenómeno como homocigosis dominante, homocigosis recesiva y gran parte de los estudiantes (46%) se confundió con el término de heterocigosis recesiva, siendo este un fenómeno inexistente.

Por otro lado, la pregunta 8 que hacía referencia a la forma en que se transmiten los caracteres hereditarios de las personas tuvo un 77% de acierto cuando los estudiantes afirmaron que era a través de los genes, sin embargo, el 23% restante de los estudiantes respondió que se transmitían a través de la sangre. Por último, la pregunta 9 indagó sobre los alelos recesivos y se encontró que solo el 31% de los estudiantes entendía que se manifiestan en homocigosis, mientras que el porcentaje restante afirmó que se manifestaban en heterocigosis, siempre o nunca se manifestaban.



Gráfica 2. Porcentaje de acierto y desacierto de preguntas relacionadas con conceptos genéticos en estudiantes de grado décimo a partir de sus conocimientos previos adquiridos.

La última pregunta del cuestionario presentaba al igual que la primera una serie de términos de genética básica, sin embargo, lo que debían hacer los estudiantes aquí era relacionarlos con sus definiciones ya proporcionadas. De acuerdo con lo anterior, se encontró que aquellos términos que la mayoría pudo asociar bien con su definición fueron *homocigoto*, *heterocigoto* y *recesivo* (56, 54 y 51%, respectivamente). Por otro lado, los términos alelo y dominante presentaron una dificultad media donde solo el 33 y 36% de los estudiantes, respectivamente, logró asociar con su descripción; además, los términos que presentaron mayor grado de desacierto fueron fenotipo y genotipo, donde el 87 y 92%, respectivamente, no logró asociarlos con su definición (Gráfica 3).



Gráfica 3. Porcentaje de acierto y desacierto de términos genéticos relacionados con su definición por estudiantes de grado décimo a partir de sus conocimientos previos adquiridos.

Así, a partir del análisis de las respuestas obtenidas en el cuestionario de diagnóstico y los errores conceptuales más relevantes, se obtuvo un panorama general de las ideas previas y conocimientos adquiridos de los estudiantes, siendo este un primer insumo para comprobar el funcionamiento de la implementación del material didáctico mediante una comparación de los resultados obtenidos en este instrumento con los resultados de la evaluación final.

2. Fase de intervención

En el segundo encuentro, se realizó con los estudiantes la retroalimentación de los resultados relevantes en la fase de diagnóstico, donde se dio claridad a los principales errores conceptuales hallados entre los estudiantes y luego se implementó la herramienta didáctica. Para ello, primero se hizo una breve explicación de la dinámica del juego y a partir de esta, los estudiantes trabajaron por equipos de cuatro y cada equipo desarrolló una característica hereditaria diferente (color de ojos, color de cabello, forma de la nariz, entre otras), con las cuales elaboraron cruces monohíbridos hasta obtener todas las variaciones posibles de acuerdo con los alelos que presentaba cada padre. Finalmente, se realizó un encuadre de la intervención, donde se aterrizaron los conocimientos aprendidos a la terminología genética.

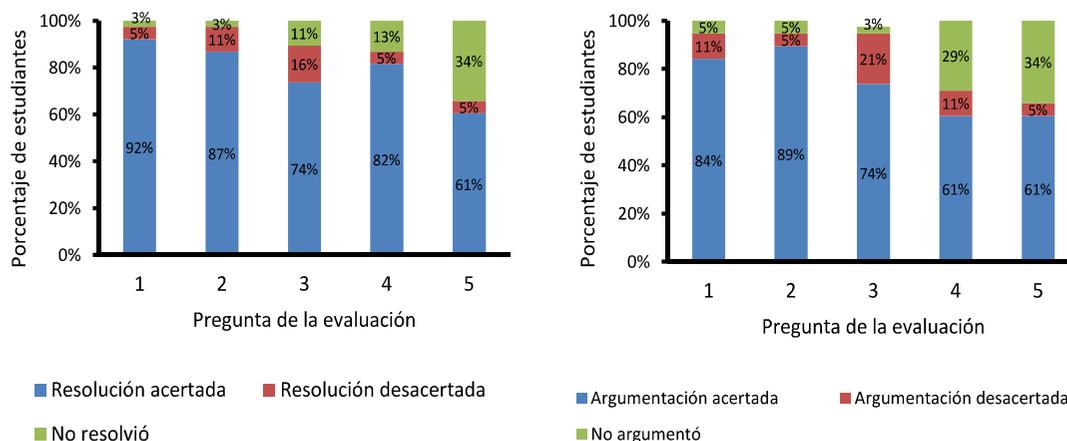
De forma general, la respuesta de los estudiantes a esta fase del trabajo fue positiva en cuanto se notó su interés y participación en todas las dinámicas planteadas, además de la co-construcción y apropiación de conceptos que surgió a lo largo de las explicaciones que brindaban de los fenómenos trabajados.

3. Fase de evaluación

En el tercer encuentro se realizó la evaluación a los estudiantes a partir del planteamiento de cinco problemas de genética mendeliana basados en casos cotidianos. Se encontró que de forma general hubo una respuesta positiva de los estudiantes hacia la resolución adecuada de los problemas, ya que la mayor parte del grupo logró tanto re-

solver como argumentar cada una de las preguntas.

De forma particular, se encontró para el primer problema que el 92% de los estudiantes logró resolverlo de forma adecuada, sin embargo, solo el 84% argumentó de forma acertada su respuesta; por otro lado, en el caso de la pregunta 2, el 87% la resolvió de forma adecuada y el 89% la argumentó acertadamente, en este caso más estudiantes lograban argumentar bien pero no resolver adecuadamente. En la pregunta 3, el 74% de los estudiantes resolvieron y argumentaron acertadamente el planteamiento, sin embargo, el 21% desacertó en su explicación. La pregunta 4 presentó 82% de acierto en su resolución, pero solamente 61% de acierto en su argumentación. Por último, la pregunta 5 tuvo 61% de acierto en resolución y argumentación, a la vez que el 34% de los estudiantes no resolvieron ni argumentaron, lo cual se debió a la falta de tiempo para culminar la evaluación en el caso de este porcentaje (Gráfica 4).



Gráfica 4. Porcentaje de acierto y desacierto de problemas de genética mendeliana en estudiantes de grado décimo como evaluación de la intervención realizada. A la izquierda se observan los resultados de los procedimientos realizados por los estudiantes para cada pregunta y a la derecha se observan los resultados para la argumentación de cada respuesta.

Dado lo anterior y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el diagnóstico, se puede afirmar que, a partir de la intervención realizada con el material didáctico, hubo incorporación de los conceptos y competencias propias del área de la genética, lo cual se evidenció en la capacidad desarrollada por la mayor parte del grupo hacia la resolución de problemas.

Discusión

1. Fase de diagnóstico

De acuerdo con lo hallado con respecto al gusto de los estudiantes hacia la genética, se pudo evidenciar que de forma general esta no es una disciplina de su interés, lo cual podría deberse a que el énfasis de ambos grupos es en modalidades ajenas a las ciencias, en este caso comercio y electrónica, y que además solo ven dos horas semanales de la asignatura biología, que corresponde a una intensidad horaria menor a la que tienen otros grupos, por ejemplo, aquellos con modalidad en ciencias. No obstante, tener conocimiento de estas ideas iniciales es un primer paso para comprender cómo se da la

asimilación de conocimientos en los estudiantes, lo que además sirve como punto de partida para realizar una reflexión sobre diversos aspectos que inciden directamente en el aprendizaje y en la enseñanza de las ciencias (1), de tal manera que los altos porcentajes de desacuerdo evidenciados en el cuestionario diagnóstico, se deben entre otros factores, al bajo interés por la biología que afirmaron tener los estudiantes de grado décimo.

Asimismo, esta poca motivación hacia la biología y particularmente hacia la genética, muchas veces se debe a las falencias que los educadores tienen al carecer de una formación sólida en el área y poca capacidad de transponer los conocimientos a un lenguaje cercano para los estudiantes, lo que da como resultado que los educandos no tengan bien claros los conceptos básicos. Además, se suman otros factores no favorables como la falta de equipamiento de los laboratorios, escasez de materiales didácticos y medios audiovisuales; lo cual resulta en un bajo interés de los estudiantes por aprender sobre el área (3).

Con respecto a las respuestas del cuestionario y particularmente en el caso de las definiciones brindadas por los estudiantes en la primera pregunta donde se tomaba el ADN como equivalente al tipo de sangre, adquiere sentido que los estudiantes contemplen la sangre como el lugar donde se encuentran los genes y el medio por el cual se transmiten, sin embargo, este es un error conceptual que podría tener repercusiones en la comprensión de temas más complejos. De acuerdo con Gnecco (8), este tipo de aseveraciones que hacen los estudiantes donde consideran que la herencia biológica depende de factores sanguíneos, refleja una influencia marcada de ideas arraigadas culturalmente, lo cual puede desencadenar dificultades a la hora de comprender adecuadamente cómo se transmite la herencia biológica.

Estas ideas culturales que incorporan los estudiantes provienen de frases habituales en el lenguaje común, como: «*son de la misma sangre*», «*lo lleva en la sangre*», «*hermanos de sangre*» o «*lazos de sangre*»; las cuales forman parte de las expresiones utilizadas en el entorno de algunos alumnos e influyen en desligar por completo a los gametos de su papel como transmisores de los genes (12).

Otro error muy marcado en los estudiantes fue el hecho de relacionar la característica de *recesividad* con la *capacidad de recibir*, y esto se debe también a la relación de los términos científicos con su lenguaje cotidiano, lo cual, si bien funcionó para la característica de dominancia, en el caso de la *recesividad* presentaron una idea equívoca. Además, cabe mencionar que los estudiantes sabían que estas dos características eran opuestas entre sí y se presentaban en los genes, pero no lograban definir las por sí mismas. En este sentido, resulta difícil para el profesor identificar posibles errores conceptuales de sus alumnos a partir de la evaluación en la que el estudiante repite lo que leyó en los libros u oyó del profesor; en este contexto, el alumno puede repetir correctamente, pero haber estructurado cognitivamente los conceptos de forma inadecuada (13), tal como se observó en este caso.

Es así como los errores conceptuales encontrados son el resultado de conflictos cognitivos que se generan a lo largo del proceso de aprendizaje (14) y se ven marcados por su contexto cultural, donde los conocimientos que tiene el estudiante en cada momento de su formación provienen de la construcción que se hace a lo largo de todo el proceso de escolaridad. De ahí que si un estudiante del grado octavo no logra comprender qué signifi-

ca el término *gen*, en el grado noveno no logrará comprender que dicho segmento de información genética es vital para la adaptación y posterior cambio de un organismo y en grado décimo no han quedado claras estas nociones sobre genética, por lo cual no se encuentra en la capacidad de relacionarlas con fenómenos cotidianos hasta llegar a la resolución de problemas propios del área científica (6).

Lo anterior teniendo en cuenta que de acuerdo con el plan de estudio de la Institución y los documentos de referencia del Ministerio de Educación Nacional (15 y 5), la genética hace parte de los contenidos que se empiezan a enseñar formalmente desde grado octavo de secundaria y la genética mendeliana corresponde al grado noveno de secundaria, por lo cual se puede decir que se trabajó sobre un tema que los estudiantes habían visto el año anterior y venían incorporando desde años de escolaridad atrás; sin embargo, los resultados hallados en el diagnóstico arrojaron bastantes falencias frente a estos conocimientos, lo cual demostró que no hubo una correcta apropiación de conceptos por los estudiantes.

De esta forma, el diagnóstico realizado fue muy importante para prever las falencias conceptuales y sesgos de interpretación que tenían los estudiantes frente al tema particular de genética mendeliana (8). Lo cual brindó información indispensable para diseñar una intervención adecuada que permitiera mejorar la aprehensión y conceptualización de los temas por parte de los estudiantes que participaron en la investigación.

2. Fase de intervención

En esta fase se evidenció la importancia de innovar la forma de enseñar dentro de los espacios académicos, ya que si bien el estudiante trae unas ideas erróneas a partir de conflictos conceptuales que genera en su cotidianidad, es solo a partir de allí que se pueden generar aprendizajes significativos al conectar al educando con el mundo real y lograr una genuina apropiación de conceptos por parte del estudiante (16), teniendo como punto de partida y de llegada su mundo de la vida.

Es puntual también comprender que los conceptos relacionados con el proceso de transmisión de características de padres a hijos en las especies van más allá de una simple charla teórica; sino que estos conceptos deben ser construidos partiendo de experiencias palpables por el estudiante, las cuales le aporten las herramientas necesarias para modificar su estructura cognitiva y redescubrir el significado del concepto de herencia biológica

(6). Lo anterior se logra a partir de la implementación de nuevas herramientas para la enseñanza de la genética, como en este caso el juego de cartas diseñado y empleado. Además, de acuerdo con Íñiguez y Puigcerver (12), el proceso de aprendizaje de la resolución de problemas debe iniciarse a partir de modelos de herencia conocida y con caracteres cercanos a ellos, como en este caso las características de la herencia humana.

En este caso, se presentó el material didáctico y se plantearon una serie de situaciones problema, lo cual fortaleció el uso de habilidades de pensamiento científico, el trabajo en equipo, el pensamiento crítico y la incorporación de los saberes (17) Además, el hecho de encontrarse en contacto con el fenómeno o la experiencia que va a realizar y sacar sus propias conclusiones le facilita su propio aprendizaje, adquiriendo nuevas habilidades, destrezas, conocimientos o valores (3).

3. Fase de evaluación

De acuerdo con lo obtenido en esta fase de la investigación, se pudo comprobar que efectivamente hubo apropiación de los conceptos que fueron mejorados a través de la actividad lúdica de observación, manipulación, diálogo y resolución de problemas. En este sentido, la mejor forma de comprobar que hay una incorporación de los conceptos en los estudiantes es a partir del uso que les dan a ellos como herramientas para el manejo de situaciones planteadas y no a partir de la memorización de los mismos (13).

Algo particular que se encontró fue que algunos estudiantes lograban resolver de forma adecuada el problema, pero no explicaban de forma acertada cuál era el resultado que estaban obteniendo en el procedimiento realizado. A este respecto, es importante considerar la argumentación como una competencia científica que debe ser desarrollada en los estudiantes, ya que el discurso ayuda a construir conocimiento científico (18), promueve la interacción social (19), desarrolla procesos de pensamiento a través del lenguaje y juega un papel importante en la construcción de explicaciones, modelos y teorías (20).

Lo anterior podría indicar que la argumentación como competencia científica no estaba bien fundamentada en todo el grupo, sin embargo, esto también se podría atribuir al poco tiempo de duración de la prueba piloto, ya que solamente se realizó una intervención con el material didáctico. No obstante, los resultados obtenidos fueron satisfactorios, pues de forma general se observó

un cambio significativo en los estudiantes, representado en el saber hacer a partir de la resolución de situaciones problema sobre genética mendeliana.

Desde este punto de vista, es fundamental comprender que la enseñanza de la genética requiere tener un enfoque menos tradicional, en donde los estudiantes aprendan los conceptos de manera significativa, y donde ellos desarrollen habilidades que les sirvan para la vida (20); lo cual se puede lograr a partir de la resolución de problemas como línea de trabajo didáctico relacionada con el paradigma didáctico de enseñar a pensar (21), que es un instrumento eficaz para contribuir a la construcción de personas capaces de pensarse a sí mismas y en sociedad.

En efecto y de acuerdo con lo vivenciado a partir de este trabajo, el aprendizaje de la genética desde el constructivismo pedagógico y el aprendizaje significativo se convierte en una alternativa que contribuye a subsanar las falencias de las prácticas tradicionales, las cuales todavía se desarrollan en el aula de clase (8). Así, teniendo en cuenta que los conocimientos que atañen a la genética están inmersos en la vida cotidiana, es posible reflexionar sobre las prácticas actuales de la enseñanza de la genética y mejorarlas a partir del diseño e implementación de estrategias que lleven a los estudiantes a ser constructores de su propio conocimiento, que sean protagonistas de experiencias contextualizadas, cercanas a su lenguaje, innovadoras y llamativas que logren en ellos un aprendizaje significativo y tengan verdadera aplicabilidad en el ámbito académico.

Para finalizar, se concluye que, a partir del diseño e implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de la genética mendeliana, se logró facilitar el proceso de aprendizaje del tema por parte de los estudiantes de grado décimo de la Institución Educativa INEM José Celestino Mutis de Armenia-Quindío y esto se evidenció en las competencias científicas desarrolladas para la resolución de problemas propios del área.

A manera de recomendaciones y teniendo en cuenta que esta fue una prueba piloto del material didáctico generado, se planea la implementación de este material en grados octavo, noveno y décimo de secundaria, teniendo en cuenta que en el primer grupo aún no han visto genética mendeliana, en el segundo grupo la deben ver ese año y en el último grupo debieron verla el año anterior. Además, se propone realizar el estudio en grados de es-

colaridad menores, donde los estudiantes no conocen de forma directa el tema de genética, pero el contexto en que están inmersos y las características cotidianas que se abordan en el material, permitirían su comprensión y el desarrollo de competencias científicas. Finalmente, se podría realizar un estudio de este tipo en colegios con énfasis en ciencias, ya que en este caso particular se realizó con estudiantes de modalidades ajenas al área científica.

Agradecimientos

Agradecemos a la Institución Educativa INEM José Celestino Mutis de Armenia-Quindío, así como a la docente del área de biología y estudiantes de grado décimo, por permitirnos la realización de la investigación y prueba piloto del material didáctico con culminación exitosa.

Conflictos de intereses

No se encontraron conflictos de intereses para la presente investigación.

Referencias

1. Caballero, A. M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2): 227-244.
2. Villa, G. L. Y. y Torres, R. M. (2011). Una propuesta para la enseñanza de herencia biológica desde un análisis histórico del concepto. *EDUC y T*, 4: 116-122.
3. Benítez, R. M. A. (2013). La enseñanza de la genética en el grado noveno de secundaria: una propuesta didáctica a la luz del constructivismo. Tesis de maestría. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
4. Figini, E. y Micheli, A. (2005). La enseñanza de la genética en el nivel medio y la educación poli-modal: contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra, VII congreso: 1-5. Disponible en : https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp408ensge.pdf
5. Ministerio de Educación Nacional. (2016). Derechos Básicos de Aprendizaje. Ministerio de Educación Nacional, Colombia. Disponible en: https://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_Lenguaje.pdf
6. Moreno, A. R. F. (2014). Desarrollar una estrategia didáctica constructivista a partir de los conceptos de gen y cromosoma que permitan una mejor comprensión de la herencia biológica en el grado noveno del Seminario Menor de la Arquidiócesis de Medellín. Tesis de maestría. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
7. Jiménez-Liso, M. y de Manuel, E. (2009). La química cotidiana, una oportunidad para el desarrollo profesional del profesorado. *REEC*, 8(3): 878-900.
8. Gnecco, O. Z. (2016). Estrategia didáctica de enseñanza aprendizaje de la genética de los grupos sanguíneos. Tesis de maestría. Valledupar, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
9. Porlán, R., Rivero, A. y Martín, R. (2000). El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. En: Perales, F. y Cañal, P. (eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 507-534). Alcoy: Marfil.
10. Rizo, M. E. (2004). La evaluación del aprendizaje: una propuesta de evaluación basada en productos académicos. *REICE*, 2(2): 19-28 .
11. Íñiguez, P. F. J. (2005). La enseñanza de la genética: una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista. Tesis doctoral. Barcelona, España: Universitat de Barcelona.
12. Íñiguez, P. F. J. y Puigcerver, O. M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Rev Eureka Enseñ Divulg Cienc*, 10(3): 307-327.

13. Soares, K. C., Pinto, M. C. y Rocha, M. O. (2005). Genética na sala de aula: Estratégias de Ensino e Aprendizagem. Disponible en: <http://www.ccmn.ufrj.br/cur-so/trabalhos/PDF/biologiatrabajos/genetica/genetica4.pdf>.
14. Ayuso, E. y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1): 133-157 .
15. Ministerio de Educación Nacional. (2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Ministerio de Educación Nacional, Colombia. Disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf
16. Pantuso, F., Felgueras, S., Stella, F., Virginillo, S., Sarlinga, E., Bianchi, D. y Pulido, V. (2015). La resolución de problemas como herramienta didáctica del aprendizaje en genética. La Plata, Argentina: Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. Disponible en: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.8123/ev.8123.pdf
17. Porcar, M. L. (2008). La resolución de problemas y la creatividad. *Revista digital de matemática*, 17 : 1-20. Disponible en: http://www.mendoza.edu.ar/wp-content/uploads/2017/04/17_GESTION_EN_EL_AULA_Resolucion-de-problemas-y-creatividad.pdf
18. Osborne, J. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. *Science*, 328(5977): 463-466.
19. Driver, R., Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. *Sci Ed*, 84(3): 287-312 .
20. Sánchez, M. L., González, A.J. y García, M.A. (2013). La argumentación en la enseñanza de las ciencias. *Latinoam estud educ. Manizales (Colombia)*, 9(1): 11-28 .
21. Ladino, O. N., Ortiz, C. I., Arévalo, H. y Suárez, M. G. (2008). Resolución de problemas en ciencias a través de la argumentación. *Magistro*, 2(3): 65-87.