



Fotografía
Viviana Consuelo Vargas Valbuena

ANALOGÍAS EN EL APRENDIZAJE DE LA GENÉTICA: UN ESTUDIO DE CASO CON ESTUDIANTES DE GRADO 9°

Analogies in the Learning of Genetics: A Case Study with 9th Grade Students

Analogias na aprendizagem da genética: um estudo de caso com alunos do 9º ano

Jonathan Sneyder Rendón-Criollo*
Alejandro Leal-Castro**

Fecha de recepción: 18 de marzo del 2021
Fecha de aprobación: 26 de mayo del 2021

Cómo citar

Rendón-Criollo, J. S. y Leal-Castro, A. (2021). Analogías en el aprendizaje de la genética: un estudio de caso con estudiantes de grado 9°. *Bio-grafía*, 14(27), 21-31. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/14110>

Resumen

El presente artículo muestra cómo algunos problemas de comprensión conceptual en Genética se pueden abordar a partir de analogías. La construcción de las analogías se fundamentó en dos situaciones en donde los elementos estaban organizados entre sí por un sistema similar de relaciones, que pueden ser en los mismos o diferentes campos semánticos. Los objetivos del ejercicio consistieron en evaluar la incidencia en mis estudiantes con las analogías para identificar la base conceptual previa al desarrollo de los aprendizajes a través de analogías y caracterizar el aporte realizado. En cuanto a su metodología, se implementó un estudio de caso con 10 estudiantes del Liceo Benalcázar, de la ciudad de Cali, desarrollado a través de cuatro fases: primero, se identificaron las concepciones previas (pretest), segundo, se hizo necesario seleccionar los conceptos a comparar, tercero, se implementaron analogías y, cuarto, se aplicó la prueba de salida o postest. Como porcentaje de acierto promedio en la prueba inicial se obtuvo un 32,50% y en la de salida fue 78,75%. Para la categorización por competencias se evidenciaron porcentajes superiores al 40%, demostrando que las analogías como estrategia de enseñanza pueden mejorar significativamente los procesos de aprendizaje de conceptos en Genética. En síntesis, se evidenció que las analogías no solo sirven para establecer relaciones

* Químico, estudiante de la maestría en Educación, Universidad Santiago de Cali; docente de Ciencias Naturales en el Liceo Benalcázar, Cali. jonathan.rendon00@usc.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4467-3640>

** Doctor en Educación por la Universidad del Valle; magíster en Educación, Licenciado en Ciencias Naturales por la Universidad del Tolima. Profesor Universidad del Cauca, Departamento de Educación y Pedagogía. alejoleal@unicauca.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0947-9751>.

semánticas, sino cognitivas, pues dan pie a la mejora de los procesos ejecutivos para explicar, generalizar, modelar, estructurar, validar, predecir y generar hipótesis.

Palabras clave: genética; analogía; enseñanza; aprendizaje

Abstract

This article shows how problems of conceptual understanding in Genetics can be approached from analogies. The construction of the analogies was based on two situations where the elements that compose them are organized among themselves by a similar system of relationships, which can be in the same or different semantic fields. The objectives consisted of evaluating the impact on my students with analogies, identifying the conceptual basis before the development of learning through analogies, and characterizing the contribution made. Regarding its methodology, a case study was implemented with ten students from the Liceo Benalcázar in the city of Cali, developed through four phases: first, the previous conceptions were identified (pretest), and second, it was necessary to select the concepts to be compared, third, analogies were implemented and, fourth, the exit test or post-test was applied. As a percentage of average success in the initial performance, 32.50% was obtained and in the exit test, it was 78.75%. For the categorization by competencies, percentages greater than 40% were evidenced. The above demonstrated that analogies as a teaching strategy could significantly improve the processes of learning concepts in Genetics. In summary, it was shown that analogies won't serve to establish semantic relationships but also cognitive ones, giving rise to the improvement of executive processes, such as explaining, generalizing, modeling, structuring, validating, predicting, and generating hypotheses.

Keywords: genetics; analogy; teaching; learning

Resumo

O presente artigo mostra como alguns problemas de compreensão conceitual em Genética podem ser abordados a partir de analogias. A construção das analogias baseou-se em duas situações em que os elementos estavam organizados entre si por um sistema semelhante de relações, que podem ser nos mesmos ou em campos semânticos diferentes. Os objetivos do exercício consistiram em avaliar a incidência nos meus alunos com as analogias para identificar a base conceitual prévia ao desenvolvimento da aprendizagem através de analogias e caracterizar a contribuição dada. Em relação à sua metodologia, implementou-se um estudo de caso com 10 alunos do Liceo Benalcázar, da cidade de Cali, desenvolvido por meio de quatro fases: primeiro, foram identificadas as concepções prévias (pré-teste), segundo, tornou-se necessário selecionar os conceitos a serem comparados, terceiro, foram implementadas analogias e, quarto, aplicou-se o teste de saída ou pós-teste. Como percentual de acerto médio no teste inicial, obteve-se 32,50% e no teste de saída foi de 78,75%. Para a categorização por competências, evidenciaram-se percentuais superiores ao 40%, demonstrando que as analogias como estratégia de ensino podem melhorar significativamente os processos de aprendizagem de conceitos em Genética. Em síntese, mostrou-se que as analogias não servem apenas para estabelecer relações semânticas, mas também cognitivas, pois dão origem ao aprimoramento dos processos executivos, para explicar, generalizar, modelar, estruturar, validar, prever e gerar hipóteses.

Palavras-chave: genética; analogia; ensino; aprendizagem



Introducción

La ciencia es un tipo de conocimiento humano que se expresa a través de teorías, leyes, modelos y conceptos. Para Moreira (2008), dichos constructos deben conocerse al involucrarse entre sí, pues muchos fenómenos naturales pueden interpretarse desde varios puntos de vista. Además, en el contexto escolar, no es suficiente el saber, sino que se necesita el propósito de dicho saber, es decir, su contexto de aplicación. Según Izquierdo-Aymerich *et al.* (2016) se requieren formas alternativas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias con el fin de superar el modelo tradicional centrado en un cuerpo conceptual de tipo transmisivo.

Es así como el problema planteado en este artículo se asocia a la necesidad de comprender conceptos, dotándolos de sentidos por medio de su contexto de aplicación. Por lo anterior, es importante ayudar al estudiante a que aprenda ideas que le serán útiles en procesos de exigencia cognitiva, como el análisis de problemas, la toma de decisiones y la predicción de sucesos, es decir, el uso contextualizado de la información. De acuerdo con Vargas (2005), no solo se requiere hacer referencia a las nociones, sino usarlas. Es así como durante la comunicación entre docentes y educandos de ciencias naturales encuentra una serie de dificultades que pueden estar asociadas a la brecha que se produce entre el lenguaje cotidiano en aspectos sintácticos, semánticos y del saber disciplinar (lenguaje específico) (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Dicho lenguaje puntual se aplicará en la *genética*, rama de la biología que estudia cómo los caracteres hereditarios se transmiten de generación en generación, sus propiedades y características, a nivel cromosómico o molecular, y que puede ser de tipo mendeliana, humana y aplicada. De acuerdo con Pierce (2009), esta es una disciplina de suma importancia en el desarrollo y mantenimiento de la vida a través de la función de reproducción tanto celular como sexual.

El lenguaje es una forma de comunicación importante para el desarrollo de las actividades escolares en la comprensión de fenómenos biológicos. Existe una serie de conceptos importantes que es preciso definir para que los estudiantes puedan apropiarse de los conocimientos de manera más accesible. Así las cosas, la idea en esta propuesta es presentar a las estudiantes una serie de actividades analógicas para analizar su incidencia en el aprendizaje de la genética. Así, se pretende definir un fenómeno o un concepto, teniendo en cuenta que, por lo general, una de las dos situaciones por comprender es bien conocida por parte de la audiencia, de modo tal que las analogías pueden ser entre iguales y también en diferentes campos semánticos (Fernández *et al.*, 2003).

Con esto no se pretende simplificar los conocimientos; por el contrario, lo que se busca es aportar al educando el acceso al saber, su uso, aprendizaje y aplicación. Para Godoy (2002), las analogías son útiles para explicar, popularizar, generalizar, modelar, estructurar, validar, predecir y generar hipótesis.

De allí la importancia de dotar de sentido la formación de los estudiantes por medio de procesos de pensamiento analógicos. Así, según lo expresado por Fernández *et al.* (2002), es fundamental propender por un manejo puntual de vocablos en un contexto determinado, lo cual puede exigir a los estudiantes el manejo de este léxico en ámbitos específicos. Lo que se pretende, en síntesis, es darle valor y contexto al saber (Moreira, 2008). Para tal efecto, es crucial la conceptualización, como elemento esencial para el desarrollo cognitivo, así como para la convivencia entre los diferentes campos del saber, de tal forma que para la apropiación de conceptos es necesaria la construcción de redes neuronales, esenciales para la construcción del conocimiento (Márquez, 2010).

Dicho lo anterior, se plantea como objetivo principal del artículo evaluar la incidencia de las analogías en el aprendizaje de la genética en el grado noveno en el Liceo Benalcázar, y, como objetivos específicos: 1) Identificar la base conceptual previa al desarrollo de las analogías en el aula para el campo de la genética; 2) Caracterizar el aporte de las analogías al aprendizaje de conceptos claves en genética.

En términos teóricos, se asume que una buena analogía se construye con dos situaciones en donde los elementos que las componen están organizados entre sí por un sistema similar de relaciones (por ejemplo, por verbos semejantes). Según Marcus (2010), las analogías pueden hacerse en los mismos campos semánticos, como cuando se comparan dos fenómenos de biología entre sí (por ejemplo, la digestión en rumiantes y humanos), o pueden ser en diferentes campos de significado, tal como se hace cuando se compara la mitocondria de la célula con la batería de un auto. Lo importante para realizar ejercicios analógicos es que uno de los conceptos o situaciones debe ser muy bien conocido por la audiencia (base), mientras que el otro no necesariamente está apropiada por el sujeto, o este no tiene nociones de dicho analógico (meta).

Así, lo primero que hace el cerebro es “alinear mentalmente” la información que se tiene de ambas situaciones. Rápidamente se asocian elementos del análogo base con aquellos del análogo meta. Dado que se presenta más información del primero que del segundo, existe infor-

mación de este a la que no se le va a encontrar elementos con papeles similares en el análogo meta o viceversa. Lo siguiente que hace el cerebro es extrapolar características que pueden aplicarse en ambos constructos para así poder entender el nuevo conocimiento. De acuerdo con Gallarrreta *et al.* (2009) este proceso se conoce como *mapeo*.

Desde esta perspectiva, la actividad didáctica propuesta procura contribuir específicamente en el plano lingüístico ya que las dificultades académicas normalmente inician desde la lengua nativa, pues la comunicación debe fluir de un lenguaje conocido o previo hasta uno nuevo o científico para garantizar la interiorización de los saberes (Pozo *et al.*, 1991). De esta forma, todos los aprendizajes se vinculan con información en el subconsciente, por lo cual es plausible propiciar un puente que facilita la adopción del nuevo léxico y su conceptualización global y aplicada a un fenómeno. Por ello, las comparaciones en las disciplinas científicas pueden ser efectivas, sobre todo en aquellos campos en donde los ejemplos demostrativos no están a la mano del educador.

Las dinámicas en las que se desarrolla el proceso de aprendizaje en las ciencias

Las ciencias naturales permiten el uso de diversas estrategias en términos de la didáctica, entre ellas las analogías, pues se puede encontrar en la mayoría de los casos un contexto de aplicación a ese saber. Se debe reconocer que, como lo indica Hesse (1966) “las analogías han jugado un papel muy importante en el desarrollo histórico del conocimiento científico” (citado en Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001, p. 233), pues permiten explicar contenidos científicos y facilitan el proceso de aprendizaje de nuevos conceptos de una manera comprensible. Del mismo modo, facilitan “la comparación de estructuras o funciones entre un campo bien conocido (base) y un dominio de conocimiento nuevo o parcialmente nuevo (meta)” (Garritz, 2010, p. 317).

Una de las mayores ventajas que ofrecen las analogías, en esencia, es que debido a su simplicidad en lo cognitivo permiten despejar dudas casi que de forma inmediata con respecto a los conceptos no aprendidos. Producto de su elaboración e implementación se puede evitar la divagación y así pasar más tiempo en la búsqueda de aplicaciones de los saberes que en la construcción de definiciones o descripciones que saltarán a la vista de todos con las inferencias elaboradas.

Todo lo anterior permite formular el interrogante que direcciona esta investigación: ¿Cuál es la incidencia sobre

el aprendizaje de los estudiantes de una serie de actividades que incluyen analogías, en estudiantes del grado noveno del Liceo Benalcázar en Cali, Valle del Cauca?

Materiales y métodos

Este estudio de tipo cualitativo proporcionó una serie de datos en términos de experiencia en el aula por parte de las estudiantes en el proceso de aprendizaje para la integración de nuevos conocimientos en genética. En esta investigación se usaron algunas técnicas estadísticas de tipo descriptivo; de acuerdo con Rendón-Macías *et al.* (2016), aquí se recolecta, analiza y caracteriza un conjunto de datos con el objetivo de describir las particularidades y los comportamientos de esa población mediante herramientas matemáticas, tablas y gráficos, para así hacer inferencias o sacar conclusiones del fenómeno estudiado y sus posibles relaciones con otras variables.

En el campo educativo, la investigación cualitativa permite dotar de sentido las diferentes representaciones y analogías empleadas por las estudiantes en lo relacionado con la genética. En este caso puntual, se utilizó un estudio de caso, el cual, según Hum (1999) se considera un proceso de análisis y observación de una persona o grupo pequeño y cómo se enfrenta ese sujeto o población al conocimiento adquirido. Para Martínez-Carazo (2011) los estudios de caso son exitosos en las investigaciones pues permiten obtener premisas que ayuden a la implementación de nuevas metodologías a nivel didáctico. Para Navarro y Garrido (2006) en su investigación sobre el medio ambiente el estudio de caso fue de gran ayuda pues les permitió comprender relaciones entre comportamientos estudiantiles y conceptos supuestamente integrados. En el estudio de biología en diversidad de Fonseca Amaya (2018), el estudio de caso fue de suma importancia pues permitió acciones autorreflexivas en las que se problematizó la práctica educativa en sí misma; esto posibilitó su comprensión y la transformación del profesional docente. Por último, Hernández-Silva y Tecpan-Flores (2017), en su trabajo sobre virtualización en la enseñanza de la física, se propusieron un estudio de caso en donde la metodología de aula invertida fue la protagonista en la formación en esta disciplina, aquí sus estudiantes se vincularon de manera activa con su aprendizaje en el momento inicial.

De acuerdo con Hernández *et al.* (2006), la selección de la muestra es un subgrupo de la población de interés del observador, sobre la cual se van a recolectar los datos, para esto, se escogieron diez participantes de noveno grado cuya formación es homogénea, y se tuvieron en cuenta los siguientes criterios para su selección: no encontrarse repitiendo año escolar, no tener dificultades

de aprendizaje diagnosticadas y no haber presentado bajo rendimiento académico en el año lectivo inmediatamente anterior.

En la tabla 1 se observan los pasos seguidos en esta investigación. En la fase inicial se hace un barrido conceptual para identificar conceptos previos con posibles falencias o hacer una especie de diagnóstico en la muestra (pre-test); en la fase dos se realizó una selección de

conceptos vertebrales en el desarrollo de la genética; posteriormente, en la fase tres, se realizaron actividades en donde se comparan los análogos base y meta, al final, los resultados de la implementación de la nueva estrategia de enseñanza se analizan estadísticamente, esta fue la fase cuatro. Para Martínez *et al.* (2001), una investigación en analogías en las ciencias debe ser dividida en pocas etapas con el objetivo de poner en consideración el proceso académico de forma clara.

Tabla 1. Diseño metodológico

Etapa	Descripción
Pre-test	Aplicación de instrumentos para identificar conceptos previos y grado de comprensión de fenómenos por comparar.
Conceptos	Selección de conceptos por comparar de acuerdo con los vacíos conceptuales identificados en el diagnóstico académico.
Actividades	Realización de actividades en función de las analogías para los conceptos estructurantes seleccionados.
Post-test	Análisis estadístico descriptivo de las pruebas de entrada y salida, al igual que de las categorías escogidas.

Fuente: elaboración propia.

Pre-test: Revisión de conceptos previos

La revisión y selección de los conceptos fundamentales se concretó desde una síntesis de referentes bibliográficos en torno a los que se les dificulta a los estudiantes sobre la genética. Para ello, el investigador hizo un análisis por parte de donde se tomaron como referencia los resultados de las Pruebas PISA (PISA, 2018) y Saber de noveno grado en Ciencias Naturales del 2019 (Icfes, 2019). Para nadie es un secreto que, aunque la biología es una disciplina con un alto nivel teórico, también tiene temas que se relacionan con el razonamiento lógico-matemático y, muchas veces, para entender dichos procedimientos numéricos primero se debe tener una base conceptual sólida, conceptos que aquí fueron puestos en consideración para realizar las analogías. No obstante, se hizo una prueba de entrada sobre la aplicación de los conceptos que puede encajar en todo lo que concierne a genética en general: molecular, mendeliana, humana y poblacional.

Conceptos: selección de conocimientos por comparar

Las analogías didácticas son el intermediario entre la analogía y el modelo científico, y como lo definen Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001), son dispositivos didácticos de la ciencia escolar. Estos autores proponen una serie de fases para la construcción de una analogía escolar apropiada; estas son: (1) Conocer profundamente el tema o concepto por enseñar, (2) Abstraer los conceptos

relevantes y sus inter- e intrarrelaciones, (3) traducir esto a una situación inteligible para el alumno, que puede ser del tipo ciencia ficción, vida cotidiana, o sentido común, que para el presente trabajo será la analogía. Para llevar a cabo los pasos 1 y 2 se han seleccionado los siguientes conceptos:

- En su libro insignia, Watson y Crick (1953) definen a los ácidos nucleicos como moléculas orgánicas o biomoléculas encargadas de almacenar y transmitir la información genética de los seres vivos. Dicha sustancia se puede dividir en dos clases: ADN y ARN, el primer compuesto posibilita la síntesis de proteínas, guarda toda información genética; la segunda sustancia permite que las moléculas genéticas sean comprendidas por todas las células del organismo, es decir, “lee los códigos dentro del ADN”. Se hizo énfasis en las clases de ARN, tales como ARN mensajero (extrae la información del ADN), ARN transferencial (obtiene a los aminoácidos requeridos) y ARN ribosomal (fabrica las proteínas con la intervención de los dos tipos de moléculas anteriores).
- Las proteínas son macromoléculas compuestas de cadenas lineales de aminoácidos. Las proteínas están formadas por aminoácidos y esta secuencia está determinada por la secuencia de nucleótidos de su gen correspondiente. De acuerdo con el texto de González-Torres *et al.* (2007) son esenciales para el desarrollo de tejidos,

órganos y sistemas, es decir, son constituyentes en el desarrollo de la vida.

- Los genes son unidades moleculares de la herencia genética, pues almacenan la información genética y permiten transmitirla a la descendencia. Desde el punto de vista estructural, es un trozo o fragmento de ADN que codifica un producto, ya sea proteína o ARNm; en algunos casos, se le conoce como código genotípico o solo genotipo (Watson, 2006).
- Un alelo es cada una de las dos o más versiones de un gen. Un individuo hereda dos alelos para cada gen, uno del padre y el otro de la madre. Los alelos se encuentran en la misma posición dentro de los cromosomas homólogos. Si los dos alelos son idénticos, el individuo es homocigoto para este gen, pero si son diferentes se dice que es híbrido o heterocigoto para Henderson (2010). Si los alelos no son iguales, se puede manifestar

en el fenotipo uno de ellos, el dominante; el otro alelo es recesivo, que posiblemente se podrá manifestar en próximas generaciones si el genotipo llega a ser homocigoto recesivo.

Actividades: Diseño e implementación de analogías

Se implementó un diseño con una prueba de entrada (pre-analogía) y una de salida (post-analogía) y se estableció una estrategia metodológica que busca favorecer las condiciones para la adquisición de conceptos de interés, usando como herramienta la comparación entre base y meta, acudiendo a las propias experiencias de las estudiantes y a la vida misma como enlace entre el concepto y su comprensión. Las pruebas de salida fueron justo después de realizar estas analogías en el salón de clases, las comparaciones se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Análogos base y meta en genética

Análogo base	Análogo meta
Dueño de una empresa Es quien manda en la compañía, pero no es visible frente a los empleados pues, aunque gobierna no es necesariamente la figura pública.	ADN
Gerente de una compañía Recibe indicaciones del dueño de la institución, pero este es quien realmente se vincula o relaciona con los empleados de la empresa (sin especificar que hay clases de este).	ARN
Planos de una construcción Un centro comercial, infraestructuralmente hablando, pasó por un proceso de diseño por parte de un ingeniero civil o arquitecto, son esas instrucciones de construcción.	ARNM
Empresa de materiales de construcción Con base en los planos diseñados para el nuevo establecimiento, el ingeniero encargado debe solicitar los materiales necesarios para iniciar la obra.	ARNt
Obreros en la construcción Con la información de diseño y los materiales disponibles, estas personas podrán iniciar la construcción de la nueva locación, casa, colegio, etc.	ARNr
Pared en una casa Aquí se pueden encontrar varias analogías: la pared es una proteína, por ende, la casa (suma de varias paredes) formaría una célula, luego un tejido; en efecto, los ladrillos de cada pared desempeñarían el papel de los aminoácidos.	Proteínas
Color de ojos Una pareja desea tener un bebé: los ojos de la futura madre son de color azul y los del padre de color café; el bebé, por frecuencia de fenotipo, nace con ojos café.	Genes
Clases de colores de ojos El bebé nacido en el ejemplo anterior tendrá en su gen que codifica para color de ojos dos alelos, uno de la madre (color azul) y otro del padre (color café); en el futuro, sus hijos tendrán un 50 % de probabilidades en cada color.	Alelos

Fuente: elaboración propia.

Post-test: Análisis

La prueba de salida se realizó para verificar el grado de interiorización de los conceptos vistos por medio de las analogías; en el caso de lo que es conceptual, se relacionan por medio de variables de tendencia central. Se determinaron tres categorías para su respectivo análisis en función de las operaciones mentales por realizar antes y después de la aplicación de las analogías en las diferentes pruebas. Estas categorías fueron seleccionadas de acuerdo con el MEN (2006), ya que las diferentes pruebas de Estado dividen las preguntas según el criterio de competencias en los tres componentes de las ciencias naturales.

Para el caso de la prueba, se usaron preguntas cerradas con cuatro opciones de respuesta posibles, esto se

puede considerar una encuesta según Gómez (2006); gracias a esto, se produce un sesgo en los datos. De acuerdo con Díaz *et al.* (2013), dicho instrumento corresponde a la forma estructurada, ya que las afirmaciones fueron dadas de manera escrita con su respectiva valoración.

Resultados y discusión

Es necesario recordar que este es un estudio de caso, por lo cual se manejó un número de estudiantes reducido (diez personas) en el grado noveno, quienes marcaron la respuesta correcta en un instrumento de preguntas tipo Icfes (selección múltiple con única respuesta) tanto en la prueba de entrada como en la de salida. Esta prueba consta de ocho preguntas, una por cada concepto por comparar.

Pre-test

Tabla 3. Resultados de prueba pre-test

N.º de pregunta	Opción A	Opción B	Opción C	Opción D	Porcentaje de acierto (%)
1	2	1	4	3	20
2	2	2	2	4	20
3	3	3	4	0	40
4	1	2	3	4	30
5	0	0	5	5	50
6	3	3	1	3	30
7	1	4	1	4	10
8	6	1	3	0	60
Promedio de porcentaje de aciertos					32,50

Nota. Los recuadros sombreados corresponden a la respuesta correcta en la prueba.

Fuente: elaboración propia.

Como se evidencia en la tabla 3, el promedio de acierto de 32,50 %. Se puede inferir que la población inicial no tuvo un buen desempeño; a pesar de haber recibido el conocimiento sobre los ocho conceptos elegidos de genética, no supieron llegar a la respuesta correcta en la prueba tipo Icfes, que se enfoca en el uso de la información de manera contextualizada.

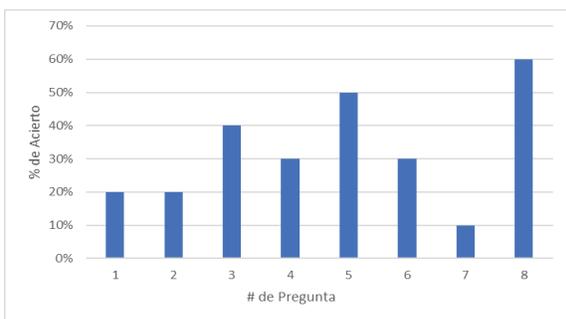


Gráfico 1. Aciertos en el pre-test

Fuente: elaboración propia.

Como se evidencia en la gráfica 1, las preguntas con menor cantidad de aciertos son 1, 2 y 7, respectivamente relacionadas con ADN, ARN y genes. Para estas preguntas, los bajos resultados quizá se deban a la baja comprensión de conceptos científicos y la poca habilidad para extrapolar los saberes. Por otro lado, las preguntas 5 y 8 con los mayores aciertos relacionadas con ARN y alelos tienen su éxito radicado en la posible identificación de factores ya conocidos en el contexto de las preguntas y quizá con la simplicidad conceptual de los constructos.

La desviación estándar de 16,69 nos indica que hay una alta dispersión en los aciertos con respecto a la media (32,50 %), así también lo confirma el coeficiente de variación, que según Sabadías (1995) nos revela en su valor de 0,51 o 51 % una alta tasa de variabilidad en la eficacia de las contestaciones correctas por parte de los estudiantes.

Post-test

Tabla 4. Resultados de prueba post-test

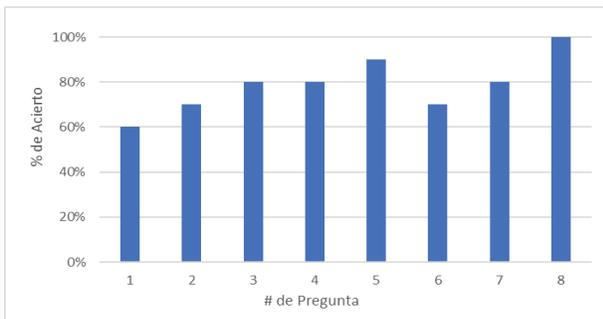
N.º de pregunta	Opción A	Opción B	Opción C	Opción D	Porcentaje de acierto (%)
1	6	1	1	2	60
2	0	1	2	7	70
3	0	0	2	8	80
4	0	8	1	1	80
5	1	0	9	0	90
6	1	7	1	1	70
7	0	0	8	2	80
8	10	0	0	0	100
Promedio de porcentaje de aciertos					78,75 %

Nota. Los recuadros sombreados corresponden a la respuesta correcta en la prueba.

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla 4, hay un promedio de acierto de 78,75 % en la misma población en la prueba post-test. Se puede concluir que las analogías en genética fueron efectivas, las estudiantes demostraron tener mayor capacidad de análisis en las preguntas tipo prueba Saber, incluso ninguna pregunta tiene una tasa de acierto menor al 60 %. Además, en el caso de la pregunta 8 se pudo observar un 100 % de acierto en la población.

Es importante resaltar que desde la elaboración de la prueba se hizo un esfuerzo por seleccionar preguntas de la base de datos propia y de pruebas liberadas por el Icfes en su página web, por supuesto con el fin de poner en las condiciones más complejas a las estudiantes y que así usen las analogías aprendidas en el aula como recursos en el examen.



Gráfica 2. Aciertos en el post-test

Fuente: elaboración propia.

El rango para esta tasa de aciertos está ubicado entre 60 y 100 %, como se muestra en la gráfica 2. Esto lleva a pensar que la actividad analógica es efectiva, pese a tener un porcentaje de error menor a 22 %; las pregun-

tas contenían un alto número de cuestiones del más alto nivel de competencia y con disminución progresiva hasta llegar a la más baja demanda cognitiva, el uso de la información. Las preguntas con menor cantidad de aciertos fueron 1 y 6, sobre ADN y proteínas, respectivamente, y las de mayor acierto fueron la 5 y 8, relacionadas con ARN y alelos; de nuevo, estas preguntas se hacen presentes como las mejor calificadas. Para Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001) el hecho de tener una base científica ligada a un conocimiento previo puede hacer que se mejore el grado de interiorización de los saberes.

Es válido recordar que la población 2 es la misma que la inicial, solo que experimenta un cambio en sus concepciones académicas gracias a las analogías en genética. En este caso, la desviación estándar se ve reducida en comparación con el grupo inicial, con un valor de 12,46; eso implica que la dispersión baja, es decir, se habla de datos más centrados con respecto a la media. Además, el coeficiente de variación de 0,16 es mucho más bajo que su antecesor de 0,51, lo cual se interpreta como una poca variabilidad o alta homogeneidad en los aciertos del post-test relacionados directamente con la experimentación de esta nueva didáctica.

En la tabla 5 se puede ver la correlación de la información en cuanto al acierto de las preguntas por las diferentes categorías que coinciden con las competencias en el área de las ciencias naturales.

La primera categoría, Uso comprensivo del conocimiento científico, que incluye características como la identificación de atributos de fenómenos de la naturaleza basándose en el análisis de la información, y de conceptos

propios del conocimiento científico y la asociación de sucesos naturales con conceptos propios de la disciplina.

En la segunda categoría, Explicación de fenómenos, se incluyen operaciones tales como argumentación de los fenómenos naturales basándose en observaciones, patrones y conceptos; también modela manifestaciones a través del análisis de variables, relacionando dos o más conceptos científicos o derivada de las investigaciones.

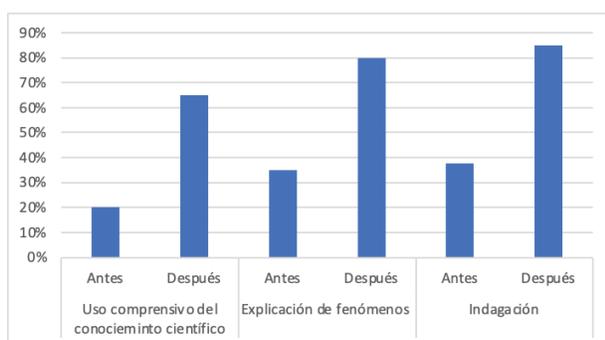
Indagación es la última categoría por discutir; esta comprende que a partir de la investigación científica se pueden construir teorías, modelos y leyes. Aquí se usan procesos y/o procedimientos para hacer predicciones, identificar patrones en una serie de datos para encontrar inferencias y derivar conclusiones a partir del trabajo investigativo.

Tabla 5. Porcentajes de acierto por categorías

Categorías	Preguntas en el test	Promedio en el porcentaje de acierto (%)	
		Pre-test	Post-test
Uso comprensivo del conocimiento científico	1, 2	20	65
Explicación de fenómenos	3, 4	35	80
Indagación	5, 6, 7, 8	37,5	85

Fuente: elaboración propia.

pre-test



Gráfica 3. Aciertos por categorías en el pre-test y el post-test

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la gráfica 3, hay un aumento de un 45 % con respecto al pre-test en la categoría 1. Cabe resaltar que en esta clase de preguntas la demanda cognitiva es la más baja, pues solo se necesita recordar y comprender de manera básica la información. Para

la categoría 2 es posible aplicar y analizar los saberes disciplinares. Se observa también un aumento del 45 % en el post-test; para esta categoría se puede concluir asimismo una mejora significativa en los resultados. En la categoría 3 existe una amplia mejora, aquí tiene como tasa de cambio un 47,5 %, al pasar de 37,5 % a 85 %. Esta competencia implica operaciones mentales de alta demanda y se esperaría que presentara el nivel de mejora más bajo de todos debido a su complejidad, pero para este estudio se posicionó en primer lugar, seguramente por acción de las analogías.

Conclusiones

El proceso metodológico inició con una búsqueda exhaustiva de conceptos que históricamente hayan tenido tendencias a la incompreensión en genética (componente celular en biología). Se evidenció que, efectivamente, todo lo relacionado con los procesos fundamentales de la genética molecular y mendeliana son los más rechazados en su comprensión por este grupo de estudiantes, lo que da como resultado ocho conceptos claves en esta investigación: ADN, ARN (mensajero, transferencia y ribosómico), gen, alelo y proteína; estos no solo se asocian a lo teórico, también se involucran con lo algorítmico, pero en el caso de este artículo únicamente se vincula con lo teórico.

La genética puede llegar a ser compleja si no hay una intermediación adecuada por parte del docente o, en su defecto, si la secuencia didáctica previa al desarrollo del componente escolar no ha sido eficiente. Como se puede apreciar en los resultados de esta investigación, no solo se llegó a un alto grado de comprensión en cuanto a la temática escogida, sino que hubo una mejoría notable en la cognición. Cuanto más simple la analogía y menor la distancia conceptual de los campos semánticos mayor será el grado de efectividad y de favorabilidad de la estrategia.

La diferencia entre el post-test y pre-test en cuanto al promedio de acierto fue de +46,25 %, lo que da una notable ventaja respecto al análisis de la información una vez ha sido adquirida a partir de analogías. En cuanto a las categorías, todas tienen una tendencia al incremento, pero en especial la competencia más compleja, indagación. Esta está ligada de manera directa con los objetivos de dicha categoría, pues se alinea con la predicción de fenómenos e inferencias de situaciones dadas, que en concordancia van de la mano con lo que pretende realizar una buena analogía en el ámbito escolar. Quizá esta sea la mayor en su variación con respecto al pre-test, es importante también resaltar que la relación de las primeras dos competencias fue igual entre sí (25 %)

en cuanto a su cantidad y la competencia final (50 %) en el test, muy similar a la distribución hecha en pruebas de Estado.

Referencias

- Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M. y Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en Educación Médica*, 2(7), 162-167.
- Fernández-González, J., Moreno-Jiménez, T. y González, G. (2003). Las analogías como modelo y como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 35, 82-89.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fonseca-Amaya, G. (2018). *El conocimiento profesional del profesor de biología sobre biodiversidad. Un estudio de caso en la formación inicial durante la práctica pedagógica en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/14263>
- Galagovsky, L. R. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242.
- Gallarreta, S., Pomar, A., Felipe, A. y Merino, G. (2009). Mapeo guiado realizado por estudiantes de ciclo básico del nivel secundario basado en analogías auto-generadas. (Ponencia). En II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, 28- 30 de octubre del 2009, La Plata, Argentina. Un espacio para la reflexión y el intercambio de experiencias. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Ciencias Exactas y Naturales.
- Garritz, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 315-326.
- Godoy, L. A. (2002). Sobre la estructura de las analogías en ciencias. *Interciencia*, 27(8), 422.
- Gómez, M. M. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Editorial Brujas.
- González-Torres, L., Téllez-Valencia, A., Sampedro, J. G. y Nájera, H. (2007). Las proteínas en la nutrición. *Salud Pública y Nutrición*, 8(2), 1-7.
- Henderson, M. (2010). *50 cosas que hay que saber sobre genética*. Editorial Ariel.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación* (vol. 4). McGraw-Hill.
- Hernández-Silva, C. y Tecpan Flores, S. (2017). Aula invertida mediada por el uso de plataformas virtuales: un estudio de caso en la formación de profesores de física. *Estudios Pedagógicos*, 43(3), 193-204.
- Hesse, M. (1966). *Models and analogies in science*. University of Notre Dame.
- Hum, G. L. (1999). *Introducción al estudio de caso en educación*. Grupo Lace Hum.
- Izquierdo-Aymerich, M., García-Martínez, Á., Quintanilla, M. y Adúriz, A. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: Aportes para la formación del profesorado*. Ed. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://doi.org/10.14483/9789588972282>.
- Marcus, G. (2010). *Kluge: La azarosa construcción de la mente humana*. Grupo Planeta (GBS).
- Márquez, J. V. (2010). La analogía como estrategia cognitiva que favorece la comprensión lectora en textos expositivos. *Revista Electrónica Educación*, 14(2), 91-112.
- Martínez-Carazo, P. C. (2011). El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento y Gestión*, 20.
- Ministerio de Educación Nacional. (MEN). (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanía*. Documento n.º 3 MEN (p. 101). *Revolución Educativa*, Colombia Aprende.
- Moreira, M. A. (2008). *Conceptos de la educación científica: Ignorados y subestimados*. Instituto Física-Universidad Federal do Rio Grande do Sul.
- Navarro, R. E. y Garrido, M. D. (2006). Construyendo el significado del cuidado ambiental: Un estudio de caso en educación secundaria. *REICE*, 4(1), 52-70.
- Oliva Martínez, J. M., Aragón, M. M., Mateo, J. y Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*:

Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, 19(3), 453-470.

Pierce, B. A. (2009). *Genética: Un enfoque conceptual*. Ed. Médica Panamericana.

Pozo, J. A., Sanz, A., Crespo, G. y Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 83-94.

Rendón-Macías, M. E., Villasís-Keeve, M. Á. y Miranda-Novales, M. G. (2016). Estadística descriptiva. *Alergia México*, 63(4), 397-407.

Resultados Pruebas PISA para Colombia 2018. https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_COL_ESP.pdf.

Resultados Pruebas Saber a nivel nacional 2019. <http://www2.icfesinteractivo.gov.co/>

resultados-saber2016-web/pages/publicacion-Resultados/autenticacion/autenticacionPlantel.jsf#No-back-button

Sabadías, A. V. (1995). *Estadística descriptiva e inferencial* (vol. 8). Universidad de Castilla, La Mancha.

Vargas-Quintero, M. V. (2005). Herramientas de la pedagogía conceptual en el aprendizaje de la biología (Estudio de caso). *Universitas Scientiarum*, 10, 45-53.

Watson, J. D. (2006). *Biología molecular del gen*. Ed. Médica Panamericana.

Watson, J. D. y Crick, F. (1953). Estructura molecular de los ácidos nucleicos. *Nature*, 171, 737-738.