



Fotografía

ENSEÑANZA DE LA EXPRESIÓN GENÉTICA: MODELO Y MODELIZACIÓN EN GRADO DÉCIMO

Teaching Genetic Expression: Modeling and Modelization in 10th Grade

Ensino de expressão genética: modelagem e modelização na 10.^a série

Santiago Páez-Avedaño*
Iris García**
Adriana Acevedo***

Fecha de recepción: 1 de febrero de 2021
Fecha de aprobación: 10 de abril de 2022

Cómo citar:

Páez-Avedaño, S., García, I. y Acevedo, A. (2022). Enseñanza de la expresión genética: modelo y modelización en grado décimo. *Bio-grafía*, 15(29), 55-66. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.15.num29-16930>

Resumen

Este artículo describe una experiencia investigativa realizada en la Institución Educativa Municipal Cundinamarca, en Zipaquirá, Colombia, durante la Práctica Pedagógica I de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de La Sabana. La institución educativa se caracteriza por su enfoque de enseñanza para la comprensión (epc) y el modelo pedagógico constructivista. El objetivo de la intervención fue fomentar la formulación de preguntas entre los estudiantes de décimo grado, utilizando la estrategia didáctica del modelo y la modelización en relación con los conceptos de genética. La metodología utilizada se basó en la investigación-acción pedagógica, que se desarrolló en dos ciclos de reflexión que incluyeron la planeación, implementación, evaluación y reflexión sobre la práctica pedagógica del profesor en formación. La experiencia se llevó a cabo en línea debido a la emergencia sanitaria causada por covid-19, utilizando la plataforma Google Meet y WhatsApp. Los resultados de la experiencia mostraron que los estudiantes lograron avances en la generación de preguntas que demandan mayores niveles de comprensión en relación con la expresión genética. El análisis riguroso y sistemático de las evidencias recolectadas permitió identificar los alcances y resultados de la práctica pedagógica en términos de la evolución de los niveles de preguntas formuladas por los estudiantes, habilidad estrechamente relacionada con otras habilidades científicas enmarcadas en la indagación.

Palabras clave: enseñanza de la biología; educación a distancia; genética

* Estudiante de Licenciatura en Ciencias Naturales, Facultad de Educación, Universidad de La Sabana. santiagopaav@unisabana.edu.co 

** Licenciada en Biología, Universidad Pedagógica Nacional. Magíster en Pedagogía, Universidad de La Sabana. Docente de Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Institución Educativa Municipal Cundinamarca. irisbgv@gmail.com 

*** Magíster en Pedagogía. Profesora Cátedra Práctica Pedagógica I, Facultad de Educación, Universidad de La Sabana. Profesora del colegio José Acevedo y Gómez (IE), Bogotá. adrianaacean@unisabana.edu.co 

Abstract

This article describes a research experience carried out at the Institución Educativa Municipal Cundinamarca in Zipaquirá, Colombia, during the Pedagogical Practice I of the Licenciatura en Ciencias Naturales de la Universidad de La Sabana. The educational institution is characterized by its teaching for understanding (epc) approach and the constructivist pedagogical model. The intervention aimed to encourage question formulation among 10th-grade students, using the didactic strategy of modeling and modelization in relation to genetic concepts. The methodology used was based on pedagogical action-research, which was developed in two cycles of reflection that included planning, implementation, evaluation, and reflection on the practice of the teacher-in-training. The experience was conducted online due to the sanitary emergency caused by covid-19, using the Google Meet platform and WhatsApp. The results of the experience showed that students made progress in generating questions that demand higher levels of understanding regarding genetic expression. The rigorous and systematic analysis of the collected evidence allowed the identification of the scope and results of the pedagogical practice in terms of the evolution of the levels of questions asked by the students, a skill closely related to other scientific skills framed in inquiry.

Keywords: teaching biology; remote education; genetics

Resumo

Este artigo descreve uma experiência de investigação realizada na Institución Educativa Municipal Cundinamarca, em Zipaquirá, Colômbia, durante a Prática Pedagógica I da Licenciatura em Ciências Naturais da Universidad de La Sabana. A instituição de ensino caracteriza-se pela sua abordagem ao ensino para a compreensão (epc) e pelo modelo pedagógico construtivista. O objectivo da intervenção foi incentivar a formulação de perguntas entre os alunos do décimo ano, utilizando a estratégia didáctica de modelação e modelagem em relação aos conceitos de genética. A metodologia utilizada baseou-se na investigação-acção pedagógica, que se desenvolveu em dois ciclos de reflexão que incluíram a planificação, a implementação, a avaliação e a reflexão sobre a prática pedagógica do professor estagiário. A experiência foi realizada online devido à emergência sanitária provocada pela covid-19, utilizando a plataforma Google Meet e o WhatsApp. Os resultados da experiência mostraram que os alunos progrediram na geração de perguntas que exigem níveis mais altos de compreensão em relação à expressão gênica. A análise rigorosa e sistemática das evidências coletadas permitiu identificar o alcance e os resultados da prática pedagógica em termos da evolução dos níveis de perguntas formuladas pelos alunos, uma habilidade intimamente relacionada a outras habilidades científicas enquadradas na investigação.

Palavras-chave: ensino de biologia; educação a distância; genética



Introducción

La presente experiencia se desarrolla en la IEM Cundinamarca, ubicada en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca). Se trata de una institución educativa de carácter oficial que atiende una población de estrato socioeconómico 1 y 2. Se ubica en una zona rural donde la fuente económica más relevante es el trabajo de campo. Vale la pena resaltar que la pandemia tuvo gran injerencia en la afectación económica de la comunidad, lo que se reflejó en las dinámicas familiares y, por ende, en todo el contexto institucional. Es un hecho que la pandemia llevó a la humanidad a reinventar su forma de vida a partir de nuevas dinámicas y posibilidades; la educación no quedó aislada de esta realidad. Como lo mencionan Álvarez *et al.* (2020), los sistemas educativos de cada país del mundo tuvieron que adaptarse de manera acelerada a las clases remotas, así como responder a diversos contextos, situaciones, necesidades y oportunidades.

En el caso específico de Colombia, y desde la experiencia en la IEM Cundinamarca, se logró adoptar un sistema de apoyo fortalecido a través de portales digitales como Colombia Aprende, que cuentan con un fuerte consolidado de recursos educativos. Por otro lado, se adoptó como una opción usar las tecnologías de primera generación, esto, con el fin de transmitir contenidos educativos y llegar a los estudiantes que no contaban con una conexión a internet (Álvarez *et al.*, 2020). Teniendo en cuenta esta diversidad de posibilidades y las realidades del contexto, la dinámica en la institución se caracterizó por realizar encuentros virtuales sincrónicos con los estudiantes que contaban con los recursos tecnológicos y conectividad, y hacer uso de WhatsApp con la población que no contaba con ellos.

Después de describir el contexto situacional de la institución y las dinámicas con las cuales se desarrolla el proceso —aspectos relevantes para el lector en el proceso de contextualización del ejercicio investigativo—, se da paso a la fundamentación de los ejes investigativos estructurantes (marco referencial, teórico y conceptual).

Como punto de partida de la práctica pedagógica, se realizó un ejercicio diagnóstico orientado al reconocimiento de los diferentes contextos (situacional, familiar, mental y lingüístico) que caracterizaban a la población del grupo focal con quien se desarrolló el proceso. De esta manera, se identificaron elementos de gran fuerza: en el caso del contexto mental, se identificó la necesidad de fortalecer procesos de pensamiento científico como la indagación; del mismo modo, en el contexto lingüístico, se juzgó indispensable explicar la genética como eje conceptual —un marco interesante y relevante desde el currículo—.

De acuerdo con lo anterior, se propuso como pregunta de investigación: ¿cómo fomentar en los estudiantes de grado décimo la formulación de preguntas, abordando los contenidos de genética con la estrategia didáctica de modelo y modelización?

En este problema hay tres ejes estructurantes: el eje conceptual (la genética), el proceso de pensamiento (la indagación) y la estrategia de enseñanza (modelo y modelización). Con esto en mente, cada uno de estos elementos será desarrollado en el transcurso del documento, con el fin de dar a conocer la intencionalidad de cada uno de ellos durante el ejercicio.

Con relación al eje conceptual (la genética), vale la pena resaltar que fue focalizado desde el contexto lingüístico, donde se reconoce el interés que tienen los estudiantes por la temática y las debilidades que se han construido desde los imaginarios de los estudiantes frente a ella. Pues bien, para la orientación pedagógica del proceso, se tuvo en cuenta lo propuesto por el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2004), que recalca que cuando se trabaja la Genética con grado décimo, los estudiantes deben:

- Reconocer la importancia del modelo de la doble hélice para la explicación del almacenamiento y transmisión del material hereditario.
- Establecer relaciones entre los genes, las proteínas y las funciones celulares. (p. 20)

Estos dos indicadores se convierten en referentes determinantes para desarrollar el proceso pedagógico con los estudiantes del grupo focal.

Otro de los ejes estructurantes mencionados es la indagación, un proceso de pensamiento fundamental en las ciencias naturales —aunque, más allá del concepto también se enfatiza en la necesidad de formar en ciencias naturales—. Desde el desarrollo de competencias científicas, el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) define *la indagación* como “la capacidad para comprender que, a partir de la investigación, se construyen explicaciones sobre el mundo natural. Además, involucra los procedimientos o metodologías que se aplican para generar más preguntas o intentar dar respuestas a ellas” (Icfes, 2019, p. 43).

De esta definición, y para el caso de esta investigación, se resalta específicamente la habilidad de *planteamiento de preguntas*, una capacidad de orden superior para el desarrollo del pensamiento científico. A menudo, se ha dicho que la característica más importante de un

científico es saber formular buenas preguntas; sin embargo, no es tarea sencilla. La investigación educativa muestra que se trata de un aprendizaje complejo que no se da espontáneamente sin un trabajo orientado hacia tal fin (García y Furman, 2014).

Un aspecto interesante que el Icfes (2019) propone con relación al planteamiento de preguntas es la relación que esta habilidad tiene con otras capacidades —observación, formulación de hipótesis, establecimiento de relaciones causa-efecto, entre ellas— y la necesidad de llevar cabo todo un proceso metodológicamente organizado para indagar acerca de las cuestiones que el mismo estudiante se propone.

El tercer eje estructurante es la estrategia de enseñanza (modelo y modelización). En la enseñanza de las ciencias resulta indispensable construir comprensiones desde la apropiación conceptual, la cual se estructura gracias al tejido de significados recopilados en los múltiples modelos teóricos que hay en el contexto, los eruditos, los que dictan los macrocurrículos y aquellos que surgen del mundo de la vida. Schwarz *et al.* (2009) conciben la noción de *modelo científico* como una “representación abstracta y simplificada de un sistema que hace visibles sus rasgos clave y puede usarse para explicar y predecir fenómenos estudiados por la ciencia, que consiste en elementos, relaciones, operaciones y normas que rigen las interacciones” (p. 633). En ese mismo orden de ideas, Giere (1999) sugiere que se emplee la enseñanza a partir de fenómenos que se correspondan con la realidad.

Dentro de la didáctica de las ciencias, se resaltan cuatro modelos indispensables: el modelo explicativo inicial, que hace referencia al modelo construido por los estudiantes en momentos —e incluso cursos— previos a las clases de ciencias; el modelo curricular, propuesto desde los lineamientos nacionales e institucionales y que deben desarrollarse durante la práctica pedagógica; el modelo científico o erudito, producido y adoptado por la comunidad científica; y, finalmente, el modelo científico escolar de arriba, a saber,

un dispositivo teórico-conceptual-metodológico en el ámbito de la investigación en didáctica de la ciencia, que permite orientar el diseño, la recolección de evi-

dencias y su sistematización, así como la evaluación de una ED sustentada en los modelos y la modelización. (López-Mota y Rodríguez-Pineda, 2013, p. 210)

Analizar estos tres elementos desde su particularidad permite ampliar las posibilidades de reconocer la fuerza pedagógica que tienen en conjunto y convertirlos en ejes estructurantes para la armonización de ambientes de aprendizaje científico. Esta articulación del *¿qué?* *¿para qué?* y *¿cómo?* en los procesos de enseñanza de las ciencias es la respuesta a la necesidad de construir conocimiento y desarrollar habilidades del pensamiento científico como movilizar saberes, pensar, describir, predecir, actuar (Izquierdo *et al.*, 1999), así como experimentar, representar y comunicar aspectos sobre entidades teóricas no visibles o abstractas (Acevedo *et al.*, 2019).


Con relación a la experiencia desarrollada en la IEM Cundinamarca, donde se trabajó la genética para el fortalecimiento de la indagación a partir del modelo y modelización, se pudo evidenciar la dificultad de la apropiación conceptual de lo correspondiente a la síntesis de proteínas. Debido a la complejidad de este proceso a nivel científico, se considera necesario que el estudiante integre elementos conceptuales del nivel microscopio y molecular. Sin embargo, al tratarse de un proceso que no es visible en la vida cotidiana, los estudiantes construyen su modelo conceptual desde la apropiación temporal o memorística de los modelos científicos eruditos, lo que no responde a un verdadero proceso de comprensión. Esta situación es la respuesta a la necesidad de trabajar los tres ejes articuladores de manera conjunta, donde se creen comprensiones y se desarrollen procesos de pensamiento.

Materiales y métodos

La presente experiencia pedagógica se orientó desde el marco de la investigación-acción pedagógica (Elliot, 1990) y se desarrolló a partir de dos ciclos de reflexión (comprendidos por planeación, implementación, evaluación y reflexión) que permitieron responder a la siguiente pregunta problema: *¿cómo fomentar en los estudiantes de grado décimo la formulación de preguntas, abordando los contenidos de genética con la estrategia didáctica de modelo y modelización?*

Ciclo I

Tabla 1. Descripción del ciclo de reflexión I

Planeación	Implementación	Reflexión	Evaluación
<p>El objetivo de este primer ciclo de reflexión es realizar un proceso diagnóstico sobre los contextos lingüísticos y mentales de los estudiantes de grado décimo.</p>  <p>Figura 1. Código QR Ejercicio diagnóstico</p> <p>Herramientas metodológicas: Guía de trabajo</p>	<p>Se desarrolla la guía a través de la plataforma Google Meet, a la que cerca del 30 % tuvo acceso. Con los otros estudiantes se desarrolló el proceso de manera asincrónica —se envió la guía de trabajo por el grupo de WhatsApp del curso—. La actividad consistió en abordar la guía de trabajo de manera conjunta con los estudiantes mediante la lectura y observación detenida de sus diferentes textos e imágenes. Finalmente, se explicaron las actividades de trabajo independiente. Posteriormente, sus resultados y evidencias fueron analizados.</p>	<p>Se identifican los niveles de observación y pregunta a partir de los postulados de Pulido y Romero (2015) —adaptados de García y Furman (2014)— para la formulación de preguntas. En cuanto a los niveles de observación, según Santelices (1989) —cuyos apuntes son retomados por Pulido y Romero (2015)—, se concluyó que los estudiantes se encontraban en el nivel I de formulación de preguntas.</p>	<p>Es relevante reforzar los niveles de la habilidad de formulación de preguntas. Esto requiere la implementación de una estrategia de enseñanza de las ciencias capaz de determinar las comprensiones de los estudiantes.</p>

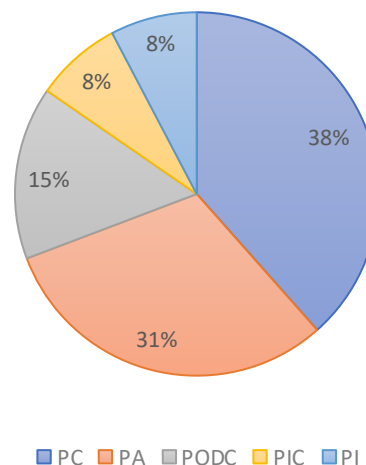
Fuente: elaboración propia.

Ciclo de reflexión I

En el caso del ejercicio diagnóstico, se analizaron varios elementos entre los que se privilegiaron el contexto situacional, mental y lingüístico (Longhi, 2009). También se analizó el desarrollo de habilidades de indagación, ejercicio que evidenció asuntos significativos con relación a los estilos de aprendizaje, los niveles de indagación y el conocimiento previo sobre el tema a estudiar.

Posteriormente, se sistematizó el planteamiento de preguntas de los estudiantes a partir de los postulados de Pulido y Romero (2015). Se encontró que el 38 % de los estudiantes planteaban preguntas cerradas (PC), el 30,77 % preguntas atípicas (PA), el 15,38 % preguntas orientadas a obtener un dato o concepto (PODC), el 7,692 % preguntas que indagan por causas explicativas (PIC) y el 7,692 % preguntas investigables (PI).

Figura 2. Niveles de planteamiento de preguntas. Nivel inicial



Fuente: adaptado de Pulido y Romero (2015).

Se pueden identificar preguntas cerradas (PC) que corresponden a una caracterización del contexto y a los resultados. Se caracterizan porque se pueden responder con un sí o un no, tal como lo muestra el siguiente ejemplo: ¿el ADN está en todo nuestro cuerpo?; ¿existe algún tipo de método más o menos accesible para determinar que parientes tuvimos en el pasado?; ¿las enfermedades causadas por descuido propio podrían volverse hereditarias? Por su parte, las preguntas atípicas, tal como lo proponen Pulido y Romero (2015), se caracterizan por tener debilidades en aspectos de redacción y coherencia. Por ejemplo: ¿podemos saber de dónde somos?; ¿el ADN funciona en animales?; qué tantas cosas de la ciencia ficción se podrían hacer realidad?

Con relación a las preguntas orientadas a obtener un dato o concepto (PODC), el porcentaje es significativa-

mente menor. Los siguientes son ejemplos de este tipo de preguntas: ¿cuántas pinturas podrían contener referencias al ADN y a partir de que inspiración surgieron?; ¿quién inventó el ADN? En cuanto a las preguntas que indagan por causas explicativas, la cantidad es notoriamente baja; entre ellas, se destaca: ¿cómo es posible saber de nuestro pasado con una gota de sangre? Finalmente, solo contamos con un ejemplar para el caso de las preguntas investigables: ¿qué pasaría si no tuviéramos el ADN?

Para este ejercicio diagnóstico se planeó e implementó una guía que constaba de una lectura central sobre el ADN en la vida cotidiana. Con base en ella, los estudiantes propusieron tres actividades autónomas concretas que permitieron identificar sus comprensiones frente a la temática.

Figura 3. Actividad diagnóstica

ACTIVIDADES

1. A partir de la lectura anterior responder las siguientes preguntas:
 - * ¿Cuáles ideas centrales se pueden identificar?
 - * ¿Cuál de los aspectos fue el que más te gusto y por qué?
 - * ¿Cuáles preguntas me surgen?
2. ¿Se relaciona la carrera que desearías estudiar con el ADN en algún aspecto? ¿Por qué?
3. De las siguientes actividades escoger 2 y realizarlas
 - * Crear 3 memes sobre el ADN o tema que se relacione con la genética.
 - * Hacer un dibujo inspirado en la genética o el ADN
 - * Escribir un poema de mínimo 200 palabras sobre el ADN y la genética
 - * Hacer un video de mínimo 3 minutos explicándole a alguien de tu familia la importancia del ADN en la vida diaria
 - * Escribir un cuento de ciencia ficción futurista en el que se use la idea del ADN y la manipulación genética. Mínimo 500 palabras

Una vez tenga listas las actividades, por favor regístralas a través del siguiente enlace:
<https://forms.gle/FpyXz8JCz88TW2nc8>

Fuente: elaboración propia.


Cada una de las actividades responde a un propósito claro y establecido del diagnóstico. Por ejemplo, el numeral uno es un ejercicio que buscaba esencialmente reconocer habilidades de comprensión lectora —se trató de un proceso de reflexión e interiorización de la lectura, y una parte de formulación de preguntas, que permitió identificar el nivel inicial en el que se encontraban los estudiantes respecto de esta habilidad—. El segundo punto, asociado a otra de las actividades propuestas, es un ejercicio de motivación que buscaba reflexionar sobre cómo la temática trabajada se relacionaba directa-

mente con los intereses de cada uno de los estudiantes. El numeral tres estuvo dirigido a conocer los estilos de aprendizaje conexos con los sentidos —auditivo, visual o kinestésico— (Mato, 1992).

Finalmente, es de resaltar que, durante el ciclo de reflexión, la planeación e implementación estuvieron estructuradas a partir de la enseñanza para la comprensión y las rutinas de pensamiento —cabe recordar aquí que el enfoque institucional está orientado por este marco de enseñanza—.

Ciclo II

Tabla 2. Descripción del ciclo de reflexión II

Planeación	Implementación	Reflexión	Evaluación
<p>Planeación desde el marco de la enseñanza para la comprensión. Estrategia de enseñanza modelo y modelización. Herramientas: rutinas de pensamiento.</p>  <p>Figura 4. Código QR. Avances del ciclo de reflexión II</p>	<p>Se realizaron cuatro encuentros a través de la plataforma Google Meet. En ellos se hizo énfasis en el fortalecimiento de la habilidad de pensamiento a partir de rutinas de pensamiento que permiten visibilizar el pensamiento de los estudiantes (concepto de <i>material genético</i>). De igual forma, se realizó una aproximación al concepto desde el punto de vista del momento histórico actual, es decir, la pandemia del covid-19, y se estudió el proceso de replicación del virus y la manera cómo usa la maquinaria celular del hospedador para sintetizar sus proteínas y material genético. Finalmente, se abordó de manera directa el concepto de <i>síntesis de proteínas</i>. De manera general pero completa, se estudiaron los procesos intracelulares de la síntesis de proteínas.</p>	<p>Se evidencian avances en la habilidad de pensamiento, es decir, en la capacidad de formular preguntas investigables. Esto gracias a los ejercicios constantes de participación, en los que los estudiantes tenían que formular preguntas sobre cada elemento estudiado. A través de este proceso se logran visibilizar comprensiones frente al material genético que permiten hacer un análisis del modelo científico escolar de arriba, al tomar como referentes diversos conceptos, elementos y relaciones —tal como lo propone Acevedo <i>et al.</i> (2019)—.</p>	<p>Hay avances significativos en la habilidad de pensamiento (formulación de preguntas). Se presenta una muy interesante construcción conceptual que evidencia el acercamiento al modelo científico escolar de arriba, y permite identificar tanto los diferentes conceptos, elementos y relaciones de manera coherente, como lo que proponen los otros modelos referenciales dentro de la estrategia didáctica —expuestos por López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013)—.</p>

Fuente: elaboración propia.

Ciclo de reflexión II

Se llevó a cabo un ejercicio de planeación a partir de la estrategia de enseñanza modelo y modelización para buscar la consolidación de un modelo científico escolar de arriba y, además, fomentar la habilidad de formulación de preguntas. Se propuso como tema generativo la pregunta: ¿cómo se expresa la información genética? De igual forma, se plantearon las siguientes cuatro metas de comprensión —que responden a cada una de las dimensiones de la comprensión expuestas por Gray (2017)—:

- Los estudiantes comprenderán cómo se lleva a cabo el proceso de síntesis de proteínas al tomar como ejemplo el SARS-COV-2.
- Los estudiantes fortalecerán su capacidad de formular preguntas a partir de actividades adecuadas a sus estilos de aprendizaje.
- Los estudiantes comprenderán que los virus llevan a cabo procesos de síntesis de proteínas al interior de las células y que estos son el inicio de su propagación en el cuerpo de las personas.

- Los estudiantes serán capaces de comunicar sus aprendizajes tanto al docente como a sus compañeros a través de diferentes formas y demostrar la flexibilidad de sus aprendizajes.

Cabe resaltar que las metas de comprensión se enmarcan en elementos cercanos a la cotidianidad de los estudiantes y a problemáticas que fueron visibles durante el tiempo de pandemia —que se aborda desde miradas disciplinares y sociales como un elemento de identificación de la relevancia práctica del contenido que se aborda en la clase de ciencias, en este caso, de biología—.

En cuanto a los desempeños de comprensión, se plantearon actividades concretas, específicas y centradas que permitieron alcanzar las metas de comprensión, entre ellas, la rutina de pensamiento: pensar-inquietar-explorar. Para ello se consideraron las siguientes preguntas: ¿qué piensas del proceso de síntesis de proteínas del coronavirus?; ¿qué preguntas te surgen sobre el tema?; ¿qué puedo hacer para responder mis preguntas? Por otro lado, se desarrollaron temas de manera magistral, como fueron: aspectos generales de la covid-19 y elementos moleculares de la síntesis de proteínas en la célula. Para ambos casos, la herramienta fue la rutina de pensamiento: antes pensaba-ahora pienso.

Resultados y discusión

A continuación, se describen los avances en los procesos de pensamiento (indagación) y posteriormente se analiza la evolución conceptual desde lo relacionado con el modelo y modelización.

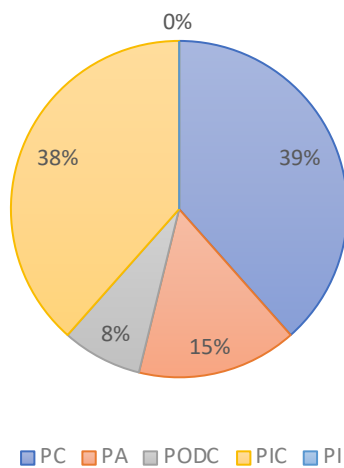


Figura 5. Código QR. Síntesis del proceso

Indagación

A partir de los hallazgos descritos en el ciclo de reflexión I, es importante resaltar que se observan cambios significativos en cómo los estudiantes formulan sus preguntas.

Figura 6. Niveles de planteamiento de preguntas. Nivel final



Fuente: adaptación de Pulido y Romero (2015).

Con relación a la figura 5, se puede evidenciar que el porcentaje de las preguntas cerradas se mantuvo constante —en ambos casos un 38 %—. Sin embargo, se observa una importante disminución de más de quince puntos porcentuales en las preguntas atípicas. También se observa una disminución porcentual en las preguntas orientadas a obtener un dato o concepto. Por su parte, en cuanto a las preguntas que indagación información sobre un fenómeno, proceso o concepto concreto, se observa un aumento importante de casi treinta puntos porcentuales. No se evidenciaron preguntas investigables, por lo cual se considera importante hacer un proceso de enseñanza de preguntas de manera explícita.

Estos cambios se entienden a partir de las diferentes estrategias implementadas con los estudiantes durante la fase de intervención del segundo ciclo de reflexión. Abordar los ejes conceptuales con los estudiantes permitió formular preguntas con un trasfondo conceptual más específico. Los estudiantes crearon preguntas a partir de sus nuevas comprensiones. Es importante aclarar que, si bien se registra una disminución en las preguntas investigables, también se evidencian avances importantes en la categoría de preguntas que indagación información sobre un fenómeno, proceso o concepto concreto. Además, en términos generales, son fruto de la implementación las preguntas formuladas a partir de conceptos más específicos y sólidos, hecho que no se dio durante el primer ciclo de reflexión.

Modelo y modelización

Tras retomar lo que mencionan López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013), se identificaron los siguientes modelos —que fueron estructurales para la planeación de la implementación en el segundo ciclo de reflexión y que constituyen la estrategia didáctica de modelo y modelización—:

Tabla 3. Diferentes modelos tenidos en cuenta

Modelo	Conceptos	Elementos	Relaciones
Explicativo inicial	<ol style="list-style-type: none"> Síntesis de proteínas Virus 	<ol style="list-style-type: none"> ADN ARN Proteínas Material genético Anticuerpo Aminoácidos 	<ol style="list-style-type: none"> Infección Contagio La reproducción del virus usa la síntesis de proteínas
Científico	<ol style="list-style-type: none"> Síntesis de proteínas covid-19 covid-19 	<ol style="list-style-type: none"> Proteína S, ACE2 Replicación Aminoácidos ARN, ARNm, ARN transfer ADN Ribosoma 	<ol style="list-style-type: none"> Reproducción del covid-19 Transcripción y traducción del material genético Síntesis de proteínas
Curricular	<ol style="list-style-type: none"> Almacenamiento del material hereditario Genes Proteínas 	<ol style="list-style-type: none"> Estructura del ADN Producción de proteínas 	<ol style="list-style-type: none"> Expresión del ADN Las proteínas y las funciones celulares Funciones de las proteínas

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Aspectos del modelo científico escolar de arriba

Modelo	Conceptos	Elementos	Relaciones
Científico escolar de arriba	Síntesis de Proteínas covid-19	Estructura del ADN Producción de proteínas	Expresión del ADN Papel de las proteínas en el cuerpo

Fuente: elaboración propia.

En el primer ejercicio diagnóstico, los estudiantes hicieron una relación y reflexión sobre la temática de la genética con elementos como los memes, el dibujo, la poesía, el cuento, la narrativa, etc. Esta experiencia motivó a los estudiantes a afrontar el aprendizaje de las ciencias desde una mirada diferente, y significó un ejercicio transversal en lo que refiere a la ciencia y el arte.

El ejercicio tuvo una gran acogida por parte de los estudiantes y, como ejercicio diagnóstico, permitió al investigador visualizar los modelos conceptuales a partir de los que se concibe el concepto en mención (*expresión del material genético*) y reconocer los estilos de aprendizaje de los jóvenes.

Figura 7. Ejemplo de meme elaborado por un estudiante



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Dibujo artístico elaborado por un estudiante inspirado en la forma del ADN



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Evidencia de fragmento de cuento de ciencia ficción futurista basado en la genética

Si decidió escribir un cuento de ciencia ficción futurista de mínimo 500 palabras. Escriba el texto aquí directamente.

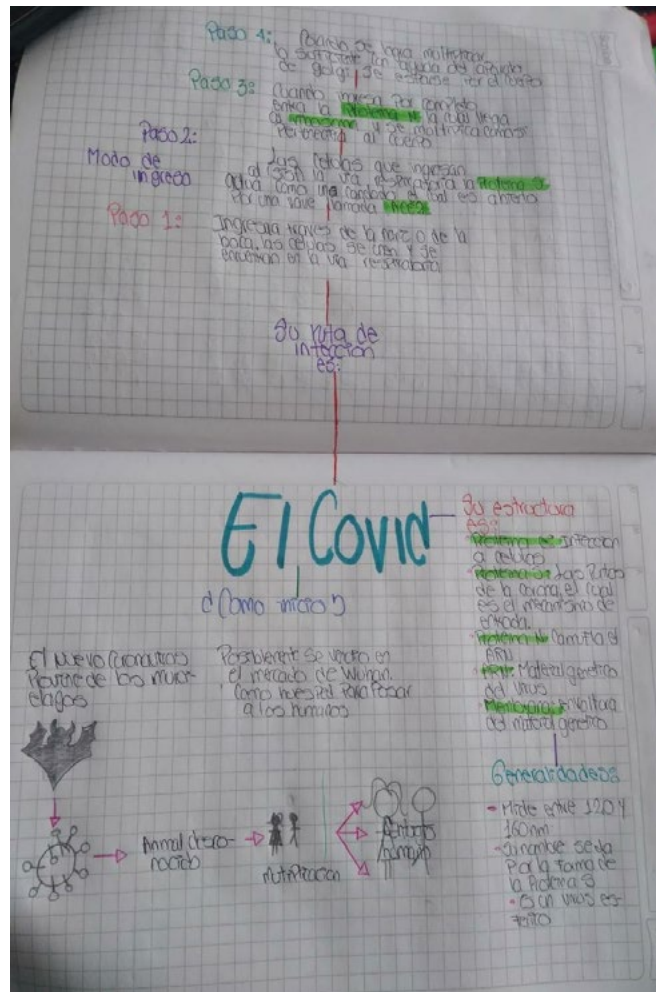
MUTACION Y PRUEBA

Un día en un laboratorio, un científico llamado Jhon quería curar a su hijo que le faltaba una pierna, entonces empezó a pensar en como ayudarlo así que pensó en una mutación no de solo un animal sino de varios, quería que tuviera genes de camaleón para camuflarse, lagartija para que le crecieran las extremidades y de zorro por su astucia.

Jhon empezó a trabajar día y noche en una vacuna para su hijo, empezó atrayendo animales para extraer un poco de saliva (no quería lastimar a los animales así que trato de no extraer su sangre), luego de eso se dispuso a observar en su microscopio las moléculas de ADN de la saliva que había extraído de cada animal y noto que el ADN de la lagartija y el camaleón eran parecidos y fue sencillo mezclar sus genes lo difícil fue tratar de unir el de zorro ya que no era compatible, pero aun no se rindió, días después con varios experimentos fallidos y varias ratas muertas (digo ratas porque es el animal mas parecido al ser humano) por fin logro su meta, creó una vacuna la cual le permitía camuflarse y que le crecieran las extremidades, después de observar la rata que le creciera una pata decide llamar a su hijo para aplicarle la inyección, el niño lleo contento porque quería ser un niño normal, quería sus dos piernas para jugar como los demás al balón, minutos después de que llegara el niño Jhon preparo todo para probar su experimento con su hijo, le aplico la inyección y espero unos minutos para que el cuerpo reaccionara igual como en la rata.

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Ejemplo de organizador gráfico elaborado por una estudiante a partir de sus aprendizajes en la charla sobre la covid-19



Fuente: elaboración propia.

A partir de los resultados evidenciados en el trabajo de los estudiantes, se identifica la construcción del modelo científico escolar de arriba. En las figuras 5 a 8 se reconoce el entramado conceptual con elementos teóricos y disciplinares trabajados durante la implementación de la planeación, y la relación con los demás modelos.

Cabe resaltar que, por toda la situación coyuntural presentada por la emergencia sanitaria y las dificultades de conectividad de algunos estudiantes, el proceso sufrió ciertas afectaciones, ya que la participación del grupo focal no fue constante ni simultánea.

Conclusiones

En cuanto a la estrategia modelo y modelización, se logró evidenciar una importante correlación entre los diferentes modelos identificados durante la práctica. Esto gracias a que las evidencias de los estudiantes muestran un modelo científico escolar de arriba, definido con los diferentes conceptos, elementos y relaciones que constituyen todo un entramado conceptual importante en la comprensión de la temática de genética y la expresión del material genético en el campo de la biología.

Por otro lado, con relación a la indagación, se puede concluir que se evidenció un avance en los tipos de pregunta que formulan los estudiantes. Los resultados exhiben un cambio a favor de formular preguntas cuya categoría demanda un mayor nivel de pensamiento, evidenciando así que las estrategias implementadas fueron útiles para dicho propósito. Sin embargo, es necesario continuar con el proceso hasta alcanzar el nivel de planteamiento de preguntas investigables. Esta meta requiere de unos procesos de enseñanza enfocados en esta habilidad y que, a su vez, potencien otros: observación, descripción y planteamiento de hipótesis. Es claro que no es posible reforzar competencias sin antes fortalecer habilidades de pensamiento —que son movilizados esenciales—.

Un aprendizaje significativo adicional para el investigador fue la capacidad de reinventar unas prácticas de enseñanza desde el marco de un sistema educativo remoto que se configuró en la pandemia causada por la covid-19: el desarrollo de encuentros sincrónicos con algunos estudiantes y con acompañamiento.

Referencias

Acevedo, A., Barreto, C. y Romero, Y. (2019). *Modelo y modelación: circuitos eléctricos en quinto de*

primaria [Ponencia]. Primer Encuentro Latinoamericano de Investigación Educativa y Saber Pedagógico.

Álvarez, H., Arias, E., Bergamaschi, A., López, A., Noli, A., Ortiz, M., Pérez-Alfaro, M., Rieble-Aubourg, S., Rivera, M., Scannone, R., Vásquez, M. y Viteri, A. (2020). *La educación en tiempos del coronavirus: los sistemas educativos de América Latina y el Caribe ante COVID-19*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Elliott, J. (1990). *La investigación-acción en educación*. Morata.

García, S. y Furman, M. (2014). Categorización de preguntas formuladas antes y después de la enseñanza por indagación. *Praxis & Saber*, 5(10), 75-91.

Giere, R. (1999). Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las Ciencias*, (número extra), 9-13.

Gray, D. (2017). *Las dimensiones de la comprensión*. http://fundacies.org/site/?page_id=480

Icfes. (2019). *Marco de referencia de la prueba de ciencias naturales Saber 11*. Icfes.

Izquierdo, M., Espinet, M., García, M., Pujol, R. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, (número extra), 79-91.

Longhi, A. (2009). *Los desafíos desde los contextos situacional, lingüístico y mental* [ponencia]. II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el Campo de las Ciencias Exactas y Naturales. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.621/ev.621.pdf

López-Mota, Á. y Rodríguez-Pineda, D. (2013). Anclaje de los modelos y la modelización científica en estrategias didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, (extra), 2008-2013.

Mato, M. (1992). *Los estilos de aprendizaje y su consideración dentro del proceso enseñanza-aprendizaje* [Trabajo de ascenso no publicado]. IPC-UPEL.

MEN. (2004). *Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales. Formar en ciencias. ¡El desafío!* https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-34021_recurso_1.pdf

Pulido, G. y Romero, Y. (2015). *Incidencia de las rutinas de pensamiento en el fortalecimiento de habilidades científicas: observar y preguntar en los*

estudiantes de grado cuarto, ciclo II del colegio rural José Celestino Mutis IED [tesis de maestría, Universidad de La Sabana]. <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/17538>

Santelices, L. (1989). *Metodología de ciencias naturales para la enseñanza básica*. Andrés Bello.

Schwarz, C., Reiser, B., Davis, E., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Schwartz, Y., Hug, B. y Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.