



Fotografía
Gonzalo M. A. Bermudez

MODELOS MENTALES EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS ACERCA DE EVOLUCIÓN

Mental Models in University Students about Evolution

Modelos mentais em estudantes universitários sobre evolução

Ingry Johana Díaz-Castro* 

Fecha de recepción: 19 de mayo de 2023
Fecha de aprobación: 15 de marzo de 2024

Cómo citar:

Díaz-Castro, I. J. (2024). Modelos mentales en estudiantes universitarios acerca de Evolución, *Bio-grafía*, 17(33), 70-88. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.17.num33-19251>

Resumen

La evolución no se abarca a profundidad porque las teorías propuestas son controvertidas y muchas veces se opone a las concepciones de docentes y estudiantes, lo que evidencia que en las áreas disciplinares de botánica y zoología no se implementa a profundidad el tema. Por lo tanto, se pretende conocer los modelos mentales de seis estudiantes de cuarto semestre de la Licenciatura en Biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas sobre la evolución, tomando las percepciones como modelos mentales, según la teoría de Johnson- Laird, complementándose con la propuesta de preguntas mediadoras realizada por Márquez *et al.* (2004).

La información recopilada se obtiene mediante la investigación cualitativa, desde un paradigma hermenéutico interpretativo, usando el estudio de caso como tipo de investigación y la triangulación de datos para el análisis de la información. La indagación se desarrolla en tres fases que permiten conocer los modelos mentales de los estudiantes mediante un esquema gráfico, uno conceptual y una entrevista, que son trianguladas para el análisis de los datos obtenidos. Se demuestra la afinidad de los sujetos por el modelo sintético, por lo cual es necesario obtener modelos deducidos y subcategorías para acoger y categorizar todos los datos obtenidos. Finalmente, se establece el uso de conceptos que no solo se enmarcan en un modelo único establecido, lo que evidencia que los estudiantes usan los modelos mentales de acuerdo con el fenómeno al cual quieren darle explicación.

Palabras claves: indagación; zoología; modelos mentales; preguntas mediadoras; percepción

* Estudiante de Licenciatura en Biología, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. cingryd@udistrital.edu.co

Abstract

Evolution is not covered in depth because the proposed theories are controversial and often oppose the conceptions of teachers and students. It has been observed that the subject is not deeply implemented in the disciplinary areas of botany and zoology. Therefore, this study aims to know the mental models of six fourth-semester Biology students at the Universidad Distrital Francisco José de Caldas regarding evolution, using perceptions as mental models according to Johnson-Laird's theory, complemented with the proposal of mediating questions proposed by Márquez et al. (2004).

The information gathered is obtained through qualitative research, from a hermeneutic interpretative paradigm, using the case study as the type of research, and data triangulation for information analysis. The inquiry is developed in three phases that allow for understanding the students' mental models through a graphic scheme, a conceptual one, and an interview, which are triangulated for data analysis. The affinity of the subjects for the synthetic model is demonstrated, necessitating the derivation of models and subcategories to accommodate and categorize all the obtained data, to finally establish the use of concepts that are not only framed within a single established model. This demonstrates that the students use mental models according to the phenomenon they wish to explain.

Keywords: inquiry; zoology; mental models; mediating questions; perception

Resumo

A evolução não é abordada em profundidade porque as teorias propostas são controversas e muitas vezes se opõem às concepções de professores e estudantes. Observa-se que o tema não é profundamente implementado nas áreas disciplinares de botânica e zoologia. Portanto, este estudo visa compreender os modelos mentais de seis alunos do quarto semestre de Licenciatura em Biologia da Universidade Distrital Francisco José de Caldas sobre evolução, tomando as percepções como modelos mentais segundo a teoria de Johnson-Laird, complementada pelas perguntas mediadoras propostas por Márquez et al. (2004).

As informações coletadas foram obtidas por meio de pesquisa qualitativa, a partir de um paradigma hermenêutico interpretativo, usando o estudo de caso como tipo de pesquisa e triangulação de dados para análise da informação. A investigação foi desenvolvida em três fases que permitem conhecer os modelos mentais dos alunos através de um esquema gráfico, um conceitual e uma entrevista, que são triangulados para análise dos dados. Demonstra-se a afinidade dos sujeitos pelo modelo sintético, sendo necessário derivar modelos e subcategorias para acomodar e categorizar todos os dados obtidos, para finalmente estabelecer o uso de conceitos que não estão apenas enquadrados em um único modelo estabelecido. Isso evidencia que os alunos usam modelos mentais de acordo com o fenômeno que desejam explicar.

Palavras-chave: indagação; zoologia; modelos mentais; perguntas mediadoras; percepção



Introducción

La teoría evolutiva es el eje central de la biología moderna, que ha influido en el aspecto de la biología como ciencia; ha permitido un panorama claro del avance de esta disciplina y ha sido mediadora de áreas sociales y filosóficas. Por eso, Ruiz *et al.* (como se citó en González, 2015) indica la posibilidad de que aparezcan interpretaciones erróneas de los conceptos científicos sobre evolución, dándole un mal uso por el poco conocimiento que se tiene sobre el tema y la confusión que se genera por contextos éticos y sociales con el contexto científico. Por esto es importante establecer una relación estrecha entre la educación y la ciencia biológica para que se encamine el aprendizaje en evolución de manera apropiada, pues es un desafío que tiene la enseñanza y el aprendizaje de la biología evolutiva, para que desde el diseño curricular se comprenda y se den a conocer las causas de cómo los seres vivos funcionan, se comportan, se reproducen y tienen la forma que tienen y no otra (Mayr, como se citó en González, 2015). Por ello, en la tabla 1 se muestran los principales postulados que conforman las diversas teorías evolutivas, las cuales permiten entender que la evolución no solo es un tema más, sino que debe manejarse como un fenómeno que permite entender el origen y la historia de los acontecimientos biológicos que estudia la biología (González y Martín, como se citó en González, 2015).

Consecuentemente, la enseñanza de la teoría evolutiva tiende a censurar la historia o el hilo conductor, pues se habla de un único exponente y no se hace una profundización sobre el porqué de esta teoría ni se tiene en cuenta el hecho de que las teorías surgen de reconstrucciones de varias personas en diferentes momentos históricos, que aportan para alcanzar un conocimiento con bases fundamentadas en diferentes momentos y contextos (Sanz, 2007). De igual forma, es de considerar el poco manejo del tema que tienen los estudiantes y futuros docentes, que a partir de sus modelos mentales, contruidos a lo largo de su experiencia educativa, han formado una representación que les permite liberarse de la extensa explicación del tema, y las consecuencias personales y profesionales que refutan teorías arraigadas en los contextos culturales y sociales en que están sometidos (Fernández y Sanjosé, 2007), dejando a un lado la verdadera importancia del aprendizaje de la teoría de la evolución. Esta es necesaria para comprender conceptos esenciales en el aprendizaje de la biología –como la especiación, los sistemas de clasificación, el flujo genético, entre otros conceptos–, donde se imparte el conocimiento pensando solo en el concepto, se deja a un lado un entendimiento más profundo y, por ende,

se limita el conocimiento del estudiante (Sharmann, como se citó en Sánchez, 2000).

Al hablar de evolución, se genera un debate que hace parte del quehacer científico porque se deja ver como un conocimiento verdadero e indiscutible. Al mostrarle al estudiante el disenso que hay en el ámbito científico, y dejarle claro que es algo normal y necesario, se logra reconstruir la imagen de la ciencia, lo que permite el acercamiento a temas centrales de la biología, dando cuenta de los cambios que esta sufre, y motivar al estudiante para que establezca una relación con estas disciplinas (Folguera y Galli, 2012). Por consiguiente, las representaciones que les permiten a los estudiantes dar explicación sobre la evolución demuestran la dificultad que tienen para entender el tema, pues consideran que el motivo que establece el surgimiento de los cambios visibles en las especies tiene como objetivo último la sobrevivencia y dejar descendencia, sin tener en cuenta el azar y los diferentes mecanismos evolutivos que intervienen (Fernández y Sanjosé, 2007).

Si bien es de interés reconocer la importancia que tiene para la enseñanza de la biología el aprender sobre evolución, mostrar la historia que subyace de cada postulado, así como del mismo nacimiento de la biología como ciencia, es imperativo considerar la relevancia que tienen los modelos mentales para el aprendizaje de los modelos científicos, ya que son los mediadores entre la teoría y el mundo, y permiten entender los fenómenos externos. Sin embargo, estos no son concebidos entre un solo modelo, porque son diferentes los niveles de comprensión del mundo y no toda construcción sirve para dar explicación de algún acontecimiento en particular. Por lo tanto, la principal función de los modelos mentales es permitirle al sujeto explicar y crear supuestos del sistema que representa, lo cual es funcional para el sujeto que los construye (Greca y Moreira, 1998).

Dado que el concepto de evolución tiene diversos significados, desde lo cotidiano de cualquier cultura hasta el ámbito educativo e investigativo, los estudiantes entran en conflicto debido al proceso de aprendizaje sobre sus creencias, costumbres y tradiciones en las que este está inmerso (Schilders *et al.*, 2007). Por tal razón, es posible que los estudiantes manejen dos versiones conceptuales de forma simultánea: una les permite desenvolverse desde el ámbito educativo y la otra les da la oportunidad de interactuar con el mundo desde un punto de vista alternativo. Por esto, conforme se avanza en los niveles académicos, es posible evidenciar el uso de la teoría lamarckiana para justificar la evolución, se emplee de mejor manera la teoría darwinista o se explique la evolución desde las creencias religiosas

(Fernández y Sanjosé, 2007). Teniendo en cuenta lo anterior, Jalil (2009) menciona que los estudiantes y docentes ponen en juego sus creencias y conocimientos en el contexto escolar, para evitar problemas por evasión del conflicto científico-religioso que hay sobre ese tema. No obstante, la pugna entre teorías se media por su integración, ya que la vida está por gracia divina, pero evoluciona; es decir, se tiene la noción de evolución, pero es determinada y dirigida por intervención de Dios.

Por otra parte, los modelos tienen diversas aplicaciones: existen por las intenciones que el sujeto crea y dispone de ellos para el fin que los creó, asignándoles un significado. Los modelos a trabajar en esta investigación son los mentales, pues son el puente entre el sujeto y el mundo, donde las concepciones internas del sujeto se expresan a través de representaciones externas. Para Johnson-Laird, el razonamiento se da con los modelos mentales, debido a que la mente humana trabaja con ellos, manejándolos como piezas cognitivas que se pueden combinar de varias formas y que representan las situaciones a partir de sus atributos más distinguidos (Rodríguez y Moreira, 1999). Por lo anterior, los modelos son abordados desde la teoría de Johnson-Laird, porque considera cuatro claves que permiten justificar el carácter explicativo y predictivo para evitar declaraciones mágicas: mente computacional, procedimientos efectivos, revisión recursiva y modelos mentales. Como lo explican Rodríguez y Moreira (1999), el planteamiento de Johnson-Laird considera la mente con capacidad de manejar caracteres y códigos específicos, que permiten procesar información en un lenguaje propio, lo que él denomina mente computacional. Para tener dicha funcionalidad, la mente opera por medio de los procedimientos efectivos, lo que lo convierte en un sistema con resultados previsibles, de modo que se puedan establecer deducciones e inferencias sobre su conducta, y de la cual hace parte la revisión recursiva, pues permite contrastar las representaciones que posibilitan la interacción con el mundo. Teniendo en cuenta lo anterior, este mecanismo debe ser rápido, adaptable y funcional, lo que permite construir los modelos mentales como análogos estructurales del mundo, que dan respuesta por medio de las representaciones externas.

Para el análisis de las representaciones que se pueden llegar a obtener, Johnson-Laird señala tres formas, de distinta índole, en las que opera la mente humana. Por un lado, están las proposiciones como expresión del contenido de los conceptos y las relaciones entre ellos (Benítez y Zepeda, 2018). Estas son expresadas de manera verbal y unidas entre sí dan lugar a representaciones predictivas y explicativas; es decir, un modelo mental (Rodríguez *et al.*, 2001). Finalmente, las imágenes

como aspectos visuales del modelo muestran los componentes perceptibles de una situación, siempre desde la perspectiva del observador (Benítez y Zepeda, 2018). Por consiguiente, la elección de conceptos, el uso de la información empleada y la instauración de inferencias y deducciones se enmarcan en el esquema del discurso; el uso y la relación de conceptos, así como la jerarquización del contenido, son situados en el esquema del mapa conceptual; y, por último, el dibujo como esquema de interpretación contempla los conceptos seleccionados, el diseño elaborado, la estructura y la complejidad de la imagen (Rodríguez *et al.*, 2001). Esto brinda las bases para la creación de las categorías de análisis usadas en esta investigación, con el fin de interpretar las creaciones, deducir y establecer las inferencias que han generado los estudiantes, pues es una aproximación a sus representaciones internas sobre evolución.

En conjunto con los modelos mentales, se utilizan las preguntas mediadoras propuestas por Márquez *et al.* (2004), ya que favorecen el proceso de modelización al estimular y replantear la respuesta para la pregunta que se formula. Incluso, promueve el razonamiento deductivo, que posibilita nuevas interpretaciones y favorece la construcción de modelos desde el planteamiento de preguntas específicas que aborden fenómenos concretos, y conduzcan a una respuesta estructurada y argumentada, la cual crea un puente entre la teoría y la observación del fenómeno, lo que, en últimas, permite establecer diferencias, refutar o extender las explicaciones científicas. Estas preguntas mediadoras tienen tres características que permiten la orientación de modelización en el sujeto: deben ser (I) dinámicas, favoreciendo así la visión activa del fenómeno a partir del sistema y su ambiente, y considerando el orden-desorden y la estabilidad o cambio en el tiempo, con el fin de evitar que se cierre un proceso de manera puntual; (II) focalizadoras, ya que la pregunta debe partir de un fenómeno global contextualizado para ubicarse desde una mirada concreta que le permita tomar el fenómeno; y (III) escalares, puesto que a partir del nivel de organización del fenómeno, la explicación debe tener niveles que permitan una relación macro y micro; es decir, que a partir de donde se sitúe el problema, las respuestas deben establecer relaciones con niveles superiores o inferiores del fenómeno estudiado. Generalmente, se tiene presente que las preguntas son multicausales y tiene diversos efectos, pero se tiende a responder con una causa única, por eso es necesario realizar preguntas específicas relacionadas con casos concretos que aborden fenómenos desde la óptica compleja, lo que favorece la construcción de modelos en el sujeto (Márquez *et al.*, 2004). En adición, es pertinente implementarlo para conocer los modelos mentales, porque

buscar respuestas a una pregunta estimula a replantear las observaciones realizadas o a proponer una observación que permita dar una respuesta pertinente. En pala-

bras de Márquez *et al.* (2004), “las preguntas mediadoras son productivas, al activar de manera creativa, inédita y no reproductiva los propios conocimientos” (p. 78).

Tabla 1. Autores principales sobre teorías evolutivas.

Autor	Descripción
Teología (religión católica)	La creación del hombre se debe a Dios, pues es su imagen y semejanza, ocupando un único lugar para unir lo espiritual con lo material (Vaticano, s.f.).
Aristóteles	El esencialismo como explicación de la formación de entidades, que tiene esencia propia y permite diferenciarlas, pues tienen características inmutables (De Haro, 1999).
Georges- Louis Leclerc Buffon	Hace referencia a un “molde interior”, el cual protege la forma. Hay una acción directa del ambiente sobre los individuos, lo que posibilita la absorción de moléculas y la creación de nuevos organismos (la nutrición y el crecimiento) (Galfione, 2013).
Carl Linneo	Admite que las especies no cambian, y si lo hacen es por cataclismos o nuevas creaciones, a pesar del sistema de clasificación a partir de la semejanza entre las especies que creó y que sentaron las bases de la evolución (Ramírez, 2007).
Jean Baptiste Antonie Pierre de Monet, caballero de Lamarck	El ambiente es el que estimula el cambio en los organismos, el deseo inconsciente y ascendente que tienen las especies de volverse cada vez más complejas, de manera lineal. El uso y desuso de órganos daba para desarrollarlos o desaparecer, los cuales se adquirían por la descendencia (Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], s.f).
Georges Cuvier	Catastrofismo como proceso en el cual había extinción por catástrofes naturales, pero el tiempo no evidencia cambio en los organismos. Sin embargo, sentó las bases de la paleontología y anatomía comparada (De Haro, 1999).
Charles Darwin- Alfred Wallace	Explican la diversidad de la vida debido a la selección natural, causante de la evolución, donde la selección sexual es de gran importancia (Glickman, 2009).
Oparin	Explica el origen a partir de simples moléculas como aminoácidos, agua, temperatura y otros factores que permitieron la vida para llegar a organismos más complejos (Oparin, 2022).
Lynn Margulis	Propone la teoría endosimbiótica, la cual indica que determinadas características de mitocondrias y cloroplastos –como la presencia de ADN, la producción de un ARN, la capacidad de división mediante fisión simple– dieron paso al origen de organelas eucariontes (Schnek y Curtis, 1977).
Teoría sintética o neodarwinismo	Integración de ciencias como genética, sistemática y la paleontología para explicar la variación biológica (Campos <i>et al.</i> , 2003).

Las teorías de evolución en el ámbito universitario se tratan desde las áreas disciplinares del nuevo plan de estudios de la Licenciatura en Biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Se hace énfasis en las áreas de zoología y botánica porque son disciplinas que, según el *syllabus* de cada una de ellas, manejan la evolución a partir de su grupo biológico de estudio. En los campos disciplinares de la carrera, el área de biología celular, vista en el primer semestre, se emplea el origen de la vida desde la teoría de Oparin, la cual trata de la evolución celular por medio del enlace de biomoléculas (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016c). En segundo semestre, el área disciplinar de Zoología de Invertebrados tiene descrito en el *syllabus* el tema

sobre las nociones de evolución, utilizando la anatomía comparada, la analogía y la homología para evidenciar la evolución en la teoría y práctica, además maneja los criterios de clasificación que Linneo propuso (Universidad Francisco José de Caldas, 2016d). En ese mismo periodo académico, el campo de estudio de Botánica I maneja el concepto de evolución desde las diferencias entre las células eucariotas y procariotas, específicamente observando los orgánulos adquiridos por las algas a través del tiempo (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016a). Desde la Zoología de Vertebrados, la cual se ve en tercer semestre, se propone en el *syllabus* el manejo de la filogenia y la diversificación para evidenciar la evolución de los animales vertebrados, partiendo de

las novedades estructurales, adaptativas y funcionales (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016e). Por último, y en el mismo semestre, se ve Botánica II, la cual clasifica la evolución de las plantas de acuerdo con su reproducción, ubicándolas en dos grandes grupos: las plantas con semilla desnuda y sin ovarios, y las plantas con ovarios, donde se encuentran los óvulos (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016b).

La presente investigación pretende conocer los modelos mentales sobre evolución de estudiantes universitarios que pertenecen a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, por lo cual se indaga en el plan de estudios de áreas disciplinares de cuarto semestre, donde es evidente que no hay un manejo explícito de este tema, y en el que, hasta ese periodo académico, tampoco hay un área enfocada a la evolución biológica, la cual es fundamental para el desarrollo del conocimiento en biología. De acuerdo con lo anterior, para conocer los modelos mentales de los estudiantes universitarios se emplea el enfoque cualitativo desde un paradigma hermenéutico-interpretativo; y como técnica de investigación, el estudio de caso. Además, para el análisis de datos se recurre a la triangulación de datos. Por lo tanto, la investigación es desarrollada en tres momentos:

- Fase 1. Revisión teórica de los referentes metodológicos: modelos mentales y categorías de análisis, según Johnson-Laird, preguntas mediadoras, paradigma hermenéutico-interpretativo y el estudio de caso como técnica de investigación; y los referentes conceptuales: las teorías evolutivas y los *syllabus* de cada área disciplinar. Además, se realizó la propuesta y elaboración de los instrumentos que más adelante es desarrollada.
- Fase 2. Acercamiento a los estudiantes para explicar la investigación y, posteriormente, se aplican los instrumentos diseñados de manera virtual e individual. Al finalizar las reuniones, se transcriben las entrevistas y se organizan por estudiante las imágenes y los mapas conceptuales.
- Fase 3. Se categorizan las representaciones obtenidas por cada instrumento, según los modelos propuestos, y se analizan mediante la triangulación de los datos. Nuevamente se realiza una triangulación para acoger toda la información obtenida a partir del primer análisis, para finalmente elaborar los modelos deducidos y sus respectivas subcategorías.

Materiales y métodos

En esta investigación participaron seis estudiantes pertenecientes al proyecto curricular de Licenciatura en

Biología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Debían estar en cuarto semestre, haber visto o estar cursando las materias de biología celular, zoología de invertebrados y vertebrados, y botánica I y II. Estas materias corresponden al plan de estudios del proyecto curricular hasta cuarto semestre. Además, el entorno en el que se desarrolló la investigación fue únicamente virtual, debido al distanciamiento social que obedecía a la pandemia de COVID-19. Por tal razón, los encuentros con los sujetos de estudio fueron mediante llamadas en línea a través de la plataforma de Google Meet. Se les explicaba los tres instrumentos a realizar y se les sugería que respondieran las preguntas con base en sus conocimientos, sin apoyarse en otras fuentes de información o apuntes propios.

Enfoque metodológico

El paradigma hermenéutico interpretativo tiene nociones de comprensión, significado y acción que permiten profundizar en la conducta humana, interpretando las situaciones –qué significan para ellos las intenciones, creencias y motivaciones que los guían–, ya que comprende las dimensiones subjetivas como realidades, centrándose en lo particular de los fenómenos sin realizar generalizaciones y comprendiendo las razones de los sujetos para percibir la realidad de una forma determinada. También interpreta los hechos desde deseos, intereses y expectativas del sujeto, quien, a partir de la metodología, recurre a la observación, entrevistas y otros métodos menos estrictos. Adicionalmente, este paradigma comprende la educación como proceso social, pues es una experiencia vivida entre los involucrados, y recalca que debe haber transformación en los docentes para cambiar la práctica educativa (Barrero *et al.*, 2011).

Por otro lado, esta investigación tiene un enfoque cualitativo porque permite una exploración apropiada cuando se interesa en el significado de las experiencias, las percepciones internas e individuales de las personas, teniendo en cuenta el ambiente en donde ocurre el fenómeno a investigar. Esto es útil cuando el tema a indagar es difícil de medir, pues a pesar de realizar una revisión de la literatura que proporcione información sobre el fenómeno, el planteamiento cualitativo se basa en el proceso de recolección y análisis, en el cual el investigador es quién hace su propia descripción y valoración de los datos (Hernández *et al.*, 2010).

Se opta por este enfoque debido a que permite comprender y profundizar los fenómenos a investigar desde el punto de vista de los sujetos de estudio, ahondando en las experiencias, opiniones y significados que de forma

subjetiva ellos tienen de la realidad. Al ser una investigación cualitativa, hay que indagar sobre lo que se quiere investigar, por eso se deben considerar todos los aspectos relacionados con el tema, así como la población a la que va dirigido el estudio (Hernández *et al.*, 2010). Este enfoque de investigación cualitativa maneja dentro de ella el estudio de caso, al tener propiedades subjetivas que permiten una fidelidad en los resultados de los modelos mentales que se quieren indagar; es decir, permite obtener información de calidad del fenómeno desde la perspectiva del individuo. Es importante considerar que el estudio de caso permite registrar y medir la conducta de los sujetos involucrados en el fenómeno. Los datos se obtienen a partir de fuentes –como documentos, entrevistas y observaciones directas– que no se limitan a una información verbal obtenida con un cuestionario (Martínez, 2006). Adicionalmente, ostenta una unidad principal de análisis con casos múltiples, es decir que se indaga el

mismo fenómeno en varios individuos (Urra *et al.*, 2014). Como lo precisa Chetty (citado en Martínez, 2006), el estudio de caso es una metodología rigurosa porque permite estudiar un fenómeno desde distintos puntos de vista, lo que permite obtener un conocimiento más amplio sobre él. Esta metodología hace posible llegar a explicaciones e hipótesis partiendo del análisis de los instrumentos, que se ajusta al marco teórico de referencia para poder comprender el fenómeno y los factores que influyen en él (Rodríguez y Moreira, 1999).

Instrumentos

Según las categorías de análisis que propone Johnson-Laird, en esta investigación se pretende indagar sobre algunos criterios desde las proposiciones y las imágenes que permitan obtener de forma clara y precisa los modelos mentales de los sujetos de estudio.

Tabla 2. Categorías de análisis.

Categorías de análisis	¿Qué se indaga?
Proposiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso de conceptos técnicos sobre evolución. 2. Conocimiento y manejo de la teoría desde la que se encuentra ubicado. 3. Capacidad deductiva y explicativa. 4. Influencias socioculturales.
Imágenes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mayor claridad de algún referente conceptual que le permita crear una representación gráfica. 2. Observar si maneja una sola teoría o relaciona varias a la vez. 3. Relación entre lo macro y micro.

Nota. Categorías que se analizan en esta investigación de acuerdo con la teoría de modelos mentales de Johnson-Laird, propuesta en 1983.

Para clasificar los modelos mentales de los sujetos se proponen cinco modelos que se basan en las teorías hasta hoy planteadas sobre evolución, teniendo en cuenta los postulados generales de cada una (ver tabla 3). Para Schuster (citado en Carrillo *et al.*, 2011), considerar la historia de las ciencias desde los modelos teóricos de la biología en las diferentes etapas y contextos culturales permite observar el desarrollo de las ideas, el avance metodológico y la red de representaciones que acompañan dichas ideas científicas. Por consiguiente, a lo que se hace alusión desde lo macro y micro es la relación entre niveles superiores (macro) con niveles inferiores (micro), dependiendo donde se sitúe el problema o

fenómeno (Márquez *et al.*, 2004). En concordancia con lo anterior, y para esta investigación, lo micro corresponde el nivel celular, como lo referente a genética, mutaciones (Folguera y Lipko, 2007), moléculas; y lo macro hace referencia a la relación entre poblaciones, hábitats, ecosistemas.

Basada en las propuestas de categorización por modelos de agrupación que realiza Giere (citado en Camacho *et al.*, 2012; Rodríguez, 2000; Rodríguez *et al.*, citado en Rodríguez, 2002), se adapta y realiza la clasificación por modelos de acuerdo a las semejanzas entre teorías y pensamientos abordados en la tabla 1.

Tabla 3. Propuesta de categorización de modelos mentales.

Modelo	Lo que abarca
Teológico (A)	La teoría creacionista y aristotélica, en la cual la noción de la creación se toma desde lo divino y todo tiene un fin determinado.
Sintético (B)	Incluye la teoría darwinista, sintética y endosimbiótica, abarcando conceptos actuales sobre evolución, con argumentos que conectan factores y variables que justifican la evolución, desde lo micro hasta lo macro.
Influencia del ambiente (C)	Pensamiento de Cuvier, en el cual prevalece la influencia del ambiente.
Desuso estructural (D)	Teoría Lamarckiana, en la cual la pérdida o el desarrollo de estructuras de los seres vivos se debe al desuso o el uso de estas.
Celular (E)	Se basa en la teoría de Oparin. El origen se da a partir de moléculas simples.

Partiendo de las categorías de análisis de Johnson-Laird, y teniendo en cuenta las teorías evolutivas, se diseñaron los instrumentos que fueron pertinentes para indagar los modelos mentales de los estudiantes. Para la categoría de análisis “proposiciones” se utilizaron la entrevista y el mapa conceptual como instrumento de indagación, y para la categoría de análisis “imagen” se optó por el dibujo. Por un lado, está la entrevista, una técnica de gran valor para la investigación cualitativa, la cual representa un grado de flexibilidad que permite planear las preguntas, ajustarlas de acuerdo a los entrevistados para reducir formalismos, así como obtener los significados que los entrevistados le atribuyen a los temas cuestionados, lo que posibilita adquirir información más precisa (Díaz *et al.*, 2013). Para el desarrollo de la misma, se optó por realizar una entrevista semiestructurada, la cual permite que los sujetos entrevistados sean más abiertos al responder, que a su vez posibilita obtener interpretaciones más cercanas al propósito de la investigación (Díaz *et al.*, 2013). Es de precisar que la entrevista se desarrolla en cuatro fases: (I) la preparación es el momento preliminar, donde se planifica la redacción de las preguntas guía y se lleva a cabo la convocatoria; (II) la apertura es el momento en que se está con el entrevistado y se mencionan los objetivos de la entrevista, el tiempo que se dispone para tal fin y se solicita el consentimiento para grabar la conversación; (III) el desarrollo es el centro de la entrevista, donde se presenta el intercambio de información, teniendo como guía las preguntas diseñadas y, finalmente, se realiza una (IV) síntesis de la conversación para fijar detalles de la información y permitirle al entrevistado señalar ideas que no mencionó anteriormente (Díaz *et al.*, 2013). Es importante mencionar que la entrevista como técnica siguió los pasos antes descritos para su elaboración, y que, para efectos de esta investigación, permitió la recolección de datos expresados verbalmente por los estudiantes sobre evolución por medio de las preguntas que se muestran en la tabla 4.

Siguiendo las proposiciones, el mapa conceptual es un instrumento que representa el conocimiento a partir de los conceptos que se evidencian en él, pues consta de tres elementos generales: concepto, como palabra o término que deja ver los hechos o ideas; las palabras enlace, que unen los conceptos y señalan la relación entre ellos; y la proposición, que está conformada por dos o más conceptos unidos por las palabras de enlace y que afirman un significado (García *et al.*, 2020). Es de destacar que los tipos de mapas conceptuales que realicen los estudiantes dependen en gran medida de la pregunta orientadora que se les formule (García *et al.*, 2020), como la articulación de temas referentes a la evolución con otros temas biológicos (Díaz citado en González, 2014).

Desde la categoría de imágenes, el dibujo será la representación de una idealización que se tiene del fenómeno (Camacho *et al.*, 2012), dando cuenta de procesos cognitivos, culturales y afectivos a los que recurren las personas para dar forma y orden a los elementos pictográficos que representan la visión de lo que se les pide. Esto ofrece recursos para el análisis de la percepción e interpretación de la realidad, pues se convierten en dibujos que tienen un sentido lógico sin importar su calidad (Jiménez y Martínez, 2011). Estos instrumentos se proponen junto con las preguntas mediadoras, las cuales fueron elaboradas por el investigador para explorar los modelos de los sujetos de manera clara y precisa. Tanto las preguntas como los instrumentos propuestos fueron evaluados y avalados por dos expertos, teniendo en cuenta los criterios de pertenencia, claridad y coherencia, tanto de las preguntas propuestas para la entrevista y el dibujo, como para el enunciado del mapa conceptual. La tabla 2 recoge todo lo que se quiere analizar por cada categoría de análisis.

Tabla 4. Instrumentos.

Instrumento	Pregunta
Dibujo	Mediante un dibujo exprese ¿cómo cree usted que se dio la evolución en los organismos actuales?
Mapa conceptual	Realice un mapa conceptual donde dé a conocer lo que usted entiende por evolución, la importancia de su estudio y lo que esto abarca.
Entrevista	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sabiendo que en África se encuentra la mayor cantidad de felinos de gran tamaño, ¿por qué cree que en América del Sur se encuentran felinos de menor tamaño? 2. ¿Por qué cree que, actualmente, existen plantas como el helecho que se encontraban en los primeros periodos de la tierra, como en el carbonífero? 3. ¿Usted cree que los organismos están en constante evolución? ¿Por qué?

Nota. Preguntas elaboradas por cada instrumento a emplear para indagar los modelos mentales.

Métodos

Se realiza la triangulación como técnica de investigación propuesta para el análisis de la información, la cual, en la investigación cualitativa, usa varias estrategias para estudiar un mismo fenómeno. Lo anterior permite que, al unirlos, logren fortalecerse entre sí, evitando los sesgos que generalmente surgen cuando solo se utiliza una estrategia y reconociendo el problema desde distintos ángulos, donde cada punto de vista muestra una faceta diferente de la otra, para obtener una visión más real y completa del estudio (Okunda y Gómez, 2005).

Para diseñar esta técnica, es necesario que los métodos que se usaron en la interpretación del fenómeno sean cualitativos porque son semejantes entre sí. Su finalidad es la verificación y comparación de la información obtenida de los métodos aplicados, en los que la convergencia entre los resultados es la que permite analizar la fuente que produjo esos datos acerca del fenómeno observado, así como las características que expresó el fenómeno en el momento en que se observó (Okunda y Gómez, 2005).

El análisis de datos no tiene un procedimiento paso a paso o un estándar, ya que cada estudio cualitativo requiere uno propio; sin embargo, como lo señalan Hernández *et al.* (2014), hay un procedimiento general y no lineal que puede llevarse a cabo tal cual como se propone o modificarlo de acuerdo a la investigación, formulando estos siete pasos: (i) recolección de datos a partir de entrevistas, observaciones, registros, etc.; (ii) organización de los datos de acuerdo con los criterios propuestos por el investigador; (iii) preparación de los datos para el análisis mediante la digitalización de imágenes, transcripción de entrevistas, etc.; (iv) revisión de los datos, para obtener un panorama de los materiales por medio de su lectura y observación; (v) descubrir las unidades de análisis y elegir las de acuerdo con la

importancia según la investigación; (vi) codificación de las unidades en primer nivel, asignándoles categorías y códigos según sus definiciones, conceptualizaciones y significados; (vii) codificación de las categorías en segundo nivel, agrupando las categorías en temas y patrones para relacionarlas. Esto permite generar teorías, hipótesis o explicaciones.

A la luz de esta investigación, se lleva a cabo el procedimiento detallado anteriormente con cada instrumento propuesto, así como en la agrupación entre los datos obtenidos de cada instrumento para realizar el respectivo análisis, de manera que se obtienen 18 registros en total entre producciones y verbalizaciones. Para esta última, se realiza la transcripción de las seis entrevistas y los resultados se agrupan por cada sujeto para analizar de manera individual y según la perspectiva del estudio de caso. No obstante, como el procedimiento no es lineal, una vez hecha la triangulación inicial se procede a una segunda revisión y análisis, la cual permite, a partir de las categorías iniciales, generar nuevas categorías y subcategorías que ayudan a comprender los modelos mentales de los sujetos de estudio sobre evolución.

Resultados y discusión

El análisis de los resultados se hizo mediante la triangulación de los datos, de manera que se agruparon las respuestas por cada sujeto de estudio. Posteriormente, se llevó a cabo el análisis de cada uno de los instrumentos y se sacaron conceptos o frases relevantes que permitían inferir en qué modelo propuesto inicialmente podría encontrarse cada sujeto. En la entrevista se hallaron, mayoritariamente, expresiones que no codificaban para los modelos propuestos de manera preliminar, como se aprecia en la tabla 5; es decir, unidades de entrevista que no coincidían con las categorías inicialmente propuestas. Sin embargo, la tendencia de los sujetos por el Modelo B,

o *Sintético*, fue evidente en la mayoría de las unidades de cada una de las entrevistas.

El otro instrumento propuesto para abordar las proposiciones es el mapa conceptual, el cual permitió indagar sobre el manejo de conceptos biológicos y las relaciones conceptuales que establecieron los sujetos de estudio. Por un lado, el *Modelo A*, o *Teológico*, no se evidenció al analizar los mapas conceptuales, lo que corroboró, aún más, el poco manejo desde la perspectiva teológica para dar explicación a la evolución. En cambio, el *Modelo B*, o *Sintético*, es abordado de forma general por cuatro de los seis sujetos de estudio (B, D, E y F). Se mencionaron con-

ceptos como *hibridación* o *mendeliana*, que no fueron nombrados en la entrevista, pero sí persisten los conceptos *genética*, *adaptación* y *supervivencia*. En cuanto al *Modelo C*, o *Influencia del ambiente*, se observa en el *Sujeto B* de forma general y el *Modelo E*, o *Celular*, no se evidenció en ningún sujeto.

En los dos instrumentos analizados –entrevista y mapa conceptual– desde las proposiciones, se evidencia el *Modelo B* como un enfoque de la mayoría de sujetos, con una mención reiterada alusiva a la genética, adaptación y supervivencia, lo que indica que los sujetos se basan en teorías actuales para referirse al tema evolutivo.

Tabla 5. Codificación de unidades de la entrevista en las categorías propuestas.

Pregunta 1		
Sujetos de estudio	Fragmento de la entrevista	Categoría propuesta
Sujeto A	“Si no estoy mal, creo que es por... las divisiones continentales”	Ninguna
Sujeto B	“Y entre más éxito reproductivo presente la especie, tendrá una mayor recombinación genética, lo que deriva en una mayor variedad en este...”	Modelo B
Pregunta 2		
Sujeto C	“...la adaptación que han tenido y han evolucionado para poder como estar en un entorno que ha cambiado pero que han sabido cómo manejar sus condiciones genéticas...”	Modelo A
Sujeto F	“...digamos que no ha tenido esta necesidad de cambiar entonces ha subsistido a través del tiempo, o bueno, no ha cambiado tanto más bien, puesto que es un modelo relativamente exitoso...”	Ninguna
Pregunta 3		
Sujeto D	“...el organismo para sobrevivir tenga que evolucionar ciertas características o ciertos comportamientos pues para esto mismo de poder sobrevivir, pues si no... si no evolucionan, pues no se adapta y no sobrevive”	Modelo C
Sujeto E	“Considero que sí porque incluso nosotros lo estamos ¿no? Nosotros tenemos vestigios incluso de... ancestros comunes, el bazo, el coxis... Estamos en constante cambio, incluso la resistencia bacteriana es un ejemplo de eso, de la evolución”	Modelo D

Nota. Algunos ejemplos de las unidades de las entrevistas que permiten categorizar los modelos mentales de los sujetos, según los modelos propuestos inicialmente en esta investigación.

La segunda categoría de análisis de la teoría de modelos mentales de Johnson-Laird son las imágenes, que a partir de la investigación se postula la relación macro y micro, el manejo de una o varias teorías y el uso apropiado de un referente conceptual. Al observar los resultados de

este instrumento, el *Modelo A* se descarta como representación mental de los estudiantes de cuarto semestre, ya que no se evidenció por parte de algún sujeto el uso de este modelo para solucionar las preguntas propuestas sobre evolución. Lo contrario ocurre con el *Modelo*

B, o *Sintético*, que en este instrumento también muestra que fue usado por los Sujetos B, C, D y F, siendo una influencia en la mayoría de los sujetos de estudio. Por parte de los Sujetos A y E, usaron el *Modelo E, o Celular*, y los *modelos C y D* propuestos no fueron encontrados al analizar los dibujos de los seis sujetos.

En este primer acercamiento es importante reconocer que tres sujetos (D, E, F) manejan más de un modelo para dar explicación a los procesos evolutivos (ver tabla 6), apoyándose en modelos recientes que abarcan distintas disciplinas, y reconociendo la influencia del ambiente y aspectos moleculares que permiten generar cambios en las especies.

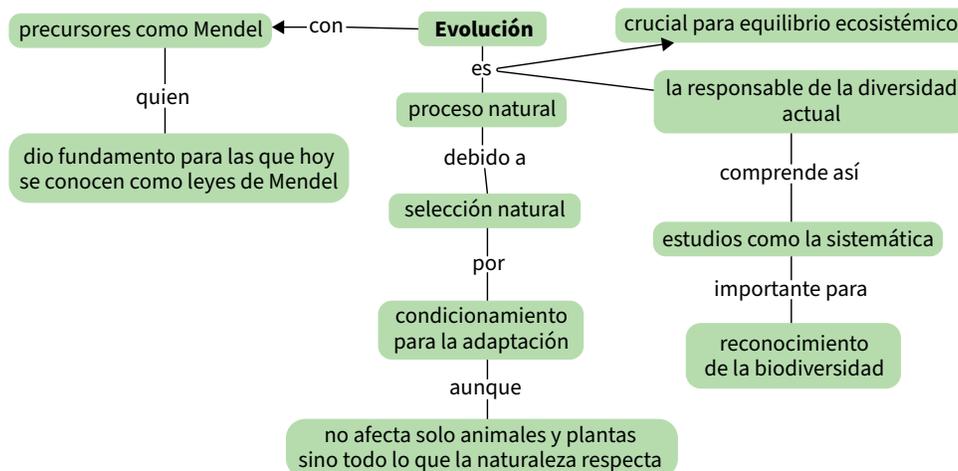


Figura 1. Uso y relación de conceptos sobre evolución

Fuente: elaborado por el Sujeto E.

Una vez obtenidos los resultados de la triangulación, se procede a desarrollar una categorización deducida a partir de las unidades, los conceptos y las interpretaciones que se extrajeron en el primer análisis, y que no se adecuaban a las categorías propuestas inicialmente. Además, se vuelve a mirar patrones, temas y relaciones para deducir subcategorías que describen de manera más concreta los modelos científicos a los cuales acuden los sujetos para explicar el fenómeno por el cual se les pregunta.

En la tabla 7 se aprecian los nuevos modelos o modelos deducidos, y se sintetizan en ellos los elementos que se hallaron al realizar una segunda revisión, con detalle, de los resultados de cada instrumento. También se logra derivar subcategorías que permiten reconocer el vínculo

entre los modelos científicos y las representaciones que cada sujeto crea para comprender la evolución, y así poder dar una explicación. Esta nueva categorización comprende los mismos modelos científicos en los que se basaron los modelos propuestos inicialmente en la investigación. Para diferenciarlos, las categorizaciones iniciales se distinguen por llevar la letra mayúscula, por ejemplo, *Modelo A- Teológico*, *Modelo B-Sintético*, etc. En cambio, los modelos deducidos tienen letra minúscula y cambia el orden, pues el *Modelo A- Teológico* se descarta después del primer análisis de los resultados: *Modelo a- Sintético*, *Modelo b- Ecosistémico*, *Modelo c- uso/ desuso estructural* y *Modelo d- Celular*. Además, las subcategorías son los conceptos frecuentemente usados y que los sujetos expresaron para dar sus respuestas, lo que permitió agruparlas en modelos que las implicaran.

Al comparar los modelos mentales finales de los sujetos de estudio, primer y segundo análisis de los datos, es evidente que tienden a usar el modelo sintético para explicar la evolución, y que a pesar de que en la primera categorización tres estudiantes usaron dos modelos, y en la segunda categorización solo dos lo hicieron. Esto significa que mientras más puntual y limitada sea la

categorización, los modelos mentales de los sujetos pueden llegar a establecerse en un modelo en particular. Sin embargo, también es claro que los estudiantes van a recurrir a otros conceptos e interpretaciones si las que tienen establecidas en un modelo no les permiten dar explicación a la evolución.

Tabla 7. Modelos deducidos.

Modelos	Código	Subcategorías
Modelo sintético (a)	a.1	Selección natural
	a.2	Herencia
	a.3	Deriva continental
	a.4	Genética
	a.5	Especiación
	a.6	Hibridación
	a.7	Filogenia
Modelo Ecosistémico (b)	b.1	Relación intra e interespecífica
	b.2	Equilibrio ecosistémico
	b.3	Factores abióticos
	b.4	Relación organismo-medio
	b.5	Biodiversidad
Modelo Uso/desuso estructural (c)	c.1	Morfología
Modelo celular (d)	d.1	Moléculas-células

Los modelos mentales operan según la relevancia que el sujeto les dé, pero son definidos por el nivel de funcionalidad que el modelo le represente de forma general, donde su funcionamiento depende de la información que contenga y la utilidad que represente para explicar un fenómeno en un momento dado. Esto se puede evidenciar en el *Sujeto A*, en el que la división continental permitió explicar la radiación de felinos de mayor tamaño en África, pero este concepto no es representativo para el *Sujeto D*, pues el modelo que puede explicar dicho fenómeno es el de selección natural, porque lo toma como un factor que influye de forma directa en la evolución. Esto permite demostrar que los modelos mentales de cada sujeto son diferentes entre sí, porque para explicar un mismo fenómeno, sus modelos mentales, su forma de entender esa realidad y de dar una explicación son variadas y dependen de sus conocimientos y su interpretación de ese fenómeno.

Inicialmente, la investigación se limitó a teorías evolutivas muy puntuales y que en su definición no abarcaron conceptos e ideas de gran valor que permitieran dilucidar sobre la evolución, más allá de una idea muy general de cada modelo científico, pues, en un principio, la formulación de las categorías propuestas se dio de manera global para clasificar y codificar la información, dejando de lado conceptos de gran valía, como la separación de los continentes, el tiempo, la hibridación, la biodiversidad, entre otros. Como lo describe De Souza (2010), el investigador depende de la información histórica y contextual que tenga, pues es esta la que le permite conocer el mundo particular de cada sujeto de estudio. También, está limitado por lo que comprende y por no disponer de todos los elementos suficientes para llegar a la verdad total.

Tabla 8. Modelos deducidos por sujeto.

Sujeto A				
Instrumento	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Modelo final
1	a.3/a.5	b.2	a.4	Modelo a
2	c.1/a.7			
3	a.1/a.4/d.2			
Sujeto B				
1	a.1/a.6/b.2/b.4	a.1/a.6	a.1/a.2	Modelo a-b
2	a.1/ a.7/b.3/b.5/c.1			
3	a.1/a.2/b.3/b.5			
Sujeto C				
1	a.3/a.5	a.4	a.1	Modelo a-b
2	b.1/b.5/d.1			
3	a.1/a.4/b.2/c.1			
Sujeto D				
1	a.1	a.1/c.1	a.1	Modelo a
2	a.7/d.1			
3	a.1/a.4/a.5/b.2/b.5			
Sujeto E				
1	a.3	a.1	c.1	Modelo a
2	a.7/b.5/d.1			
3	a.1/a.4/a.7/b.2/b.6			
Sujeto F				
1	a.3/b.5	a.2	a.2	Modelo a
2	a.1/a.4/a.7/b.5/d.1			
3	a.1/a.4/a.5/a.7/b.1/b.5			

Nota. (1) Entrevista, (2) dibujo y (3) mapa conceptual.

El manejo de la triangulación de datos permitió tener una perspectiva más profunda de los modelos mentales de los sujetos sobre evolución, pues cada instrumento utilizado les permitía complementar y fortalecer las ideas respecto a cada situación presentada. Como lo afirman Aguilar y Barroso (2015), la combinación entre métodos cualitativos permite disminuir las limitaciones que cada instrumento tiene, pues se cruzan los datos para saber si se llega a la misma conclusión. Este método permitió retomar los datos colectados y analizarlos de

otra forma para obtener otra perspectiva y categorización, pero no partiendo de los modelos científicos, sino de las percepciones de los sujetos, pues sus palabras y lo que se logró interpretar de los dibujos permitieron ver que hay un patrón en sus respuestas, el cual les facilita dar una explicación al fenómeno de esta investigación. Se necesita el uso de varios conceptos para dar respuesta, pero no son los mismos en cada instrumento. Por el contrario, extraen más contenido de sus modelos mentales y una combinación de ellos para responder a

cada situación, y, visto de forma grupal, todos los sujetos lo hacen, pero no usan los mismos conceptos ante la misma situación. Esto se vio reflejado, por ejemplo, en el ítem “lo que usted entiende por evolución” del mapa conceptual, el Sujeto C señala que la evolución son cambios adaptativos con fines de supervivencia; en cambio, para el Sujeto D, la evolución también es un cambio que se da, pero en el tiempo y en las generaciones. En este sentido, y visto de manera grupal, ambos sujetos tienen un modelo mental que se aproxima a ser el *Modelo deducido a-Sintético*, teniendo en cuenta solo ese apartado. Rodríguez y Moreira (1999) citan a Tonucci porque expresa que hay criterios comunes en los resultados que permiten una comprensión de las estructuras mentales por parte de docentes o investigadores, en las que la categorización depende de la relevancia de los conceptos, el manejo fluido o mecánico de estos, y las diferencias y deducciones que los sujetos evidencien en la organización de sus concepciones, que se muestran en los resultados individuales de los sujetos.

El estudio cualitativo favorece la comprensión profunda del fenómeno de estudio y no solo pretende recolectar datos, generar categorías y describirlas, pues los conceptos, hipótesis y teorías en este tipo de estudios son las explicaciones que tienen los sujetos según lo que han vivido, observado, analizado y evaluado a profundidad, ya que a partir de ellas se generan las teorías que se fundamentan en esos datos (Hernández *et al.*, 2014). En este sentido, el estudio cualitativo favorece el reconocimiento entre lo aprendido por lo sujetos de estudio y lo que se enseña en las aulas universitarias, teniendo en cuenta el objetivo de cada área, así como el perfil del egresado, debido a que este último es como la institución universitaria forma a los licenciados; es decir, las competencias que desarrolla el estudiante a medida que avanza en su carrera, las cuales se centran en la didáctica de la biología, la enseñanza y la perspectiva social (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2020), aspectos que son transversales en cada materia que se cursa en la carrera.

Realizar esta investigación con estudiantes de cuarto semestre, dilucida los conocimientos que ellos han adquirido hasta el momento, ya que emplean un vocabulario más técnico para referirse a ciertos procesos y dinámicas biológicas, que en semestres anteriores no se emplean. Por ejemplo, en primer semestre, en el área de biología celular, no se utilizan términos o referencias sobre filogenia, deriva continental o la relación entre los organismos y su entorno, conceptos que fueron mencionados por los sujetos de estudio. Por lo anterior, se puede sentar el precedente del aprendizaje de los estudiantes sobre evolución por cursar o estar cursando las

áreas disciplinares de zoología y botánica, en las que el tema evolutivo es transversal, no solo en esas dos áreas, sino también en las asignaturas correspondientes al área biológica en semestres más avanzados.

El uso de conceptos puntuales –como la genética, adaptación, herencia y selección natural– es el eje en el que los sujetos se sostienen para explicar el fenómeno desde su punto de vista. En otras palabras, los estudiantes de la Licenciatura en Biología de cuarto semestre tienen como modelo mental uno actual, que comprende no solo conceptos como adaptación, sino áreas de estudio dentro de la biología, como la genética, la filogenia y la ecología. Por lo tanto, las áreas disciplinares de zoología y botánica favorecieron la generación de modelos mentales que van de la mano con los modelos científicos actuales, a pesar de que en los *syllabus* de dichas materias no empleen de manera explícita la evolución, aunque sí lo hacen desde temas como las etapas de vida, eras geológicas, relación entre organismos, entre otros, a partir de los grupos biológicos de estudio de dichas áreas. Se hace esta afirmación porque en los dibujos realizados por los sujetos se usan animales para explicar la evolución (ver figura 2), y en algunos casos representan ambos grupos mediante un árbol filogenético.

Conclusiones

Lo anterior deja claro que la investigación cualitativa es un proceso interno con ítems que permiten o no el uso de modelos mentales, en el que aparecen, dependiendo de su relevancia, para que salga a relucir lo que el sujeto entiende, lo cual se quiso evidenciar desde esta investigación. Entonces, los modelos mentales de los sujetos estudiados presentan similitudes y coinciden con el modelo sintético de la evolución, donde se centra esa relación desde el punto de vista de selección natural, haciendo énfasis en el aspecto genético. La preferencia de esta teoría en esta investigación no quiere decir que solo haya un punto de vista, al contrario, hay un abanico de modelos que tienen los sujetos, que les permiten traducir su modelo mental a interpretaciones menos abstractas sobre el fenómeno. Sumado a lo anterior, la triangulación de los resultados permitió que su análisis fuera más completo y menos sesgado, pues al realizar las lecturas de los resultados de los diferentes instrumentos se evidenció la tendencia hacia modelos teóricos y particularmente a lo relacionado con la genética, lo cual ayuda a entender y a avanzar en lo relacionado con la evolución.

Relacionando esos modelos mentales con las áreas disciplinares, los sujetos suelen usar animales para explicar mejor la evolución, lo que permite deducir que las áreas

de zoología influyen significativamente en la construcción del conocimiento de los sujetos, junto con la noción genética. Como parte del manejo de la teoría de modelos mentales de Johnson-Laird en esta investigación, también se pudo apreciar la relación macro cuando los sujetos hacían referencia a organismos y su relación con el entorno, y una relación micro al hacer referencia a la genética y a la herencia. También se determinó que los sujetos no solo manejan un modelo mental único para dar explicación a todas las cuestiones planteadas en los diferentes instrumentos, sino que las combinaron haciendo uso de conceptos que estaban establecidos dentro de distintos modelos, expresándolos en los momentos en que lo requerían y moldeándolos según el significado que estos pudieran dar para responder al fenómeno.

La investigación abordada en este trabajo permite auscultar los modelos mentales de los universitarios que poco se han tratado en trabajos, ya que la mayoría se enfoca en la escuela básica y en la importancia de enseñar adecuadamente la evolución. Más aún, es imprescindible reconocer y abordar los modelos mentales debido a que son docentes en formación y la evolución es un tema transversal en la biología, por lo cual, como futuros docentes, el conocimiento sobre modelos científicos es de gran importancia, así como la continua actualización, no solo en áreas y temas disciplinares, sino también en la didáctica y en la pedagogía. Cabe señalar que esta investigación dejó ver que no es necesario manejar la evolución de manera explícita para que haya un aprendizaje en los docentes en formación, pues es evidente que desde las áreas disciplinares y el grupo biológico de estudio respectivo, la evolución es un tema base de la biología. Adicionalmente, por los conceptos usados por los sujetos de estudio, es evidente que dichas áreas hacen uso de conceptos, hipótesis y teorías actuales, lo que favorece la construcción de modelos mentales que comprenden disciplinas de la biología como ciencia.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, S. y Barroso, J. (2015). La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (47), 73-88. <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i47.05>.
- Barrero, C., Bohórquez, L. y Mejía, M. (2011). La hermenéutica en el desarrollo de la investigación educativa en el siglo XXI. *Itinerario Educativo*, 25(57), 101-120.
- Benítez, A. A. y Zepeda, M. E. (2018). El uso de representaciones mentales en la resolución de problemas matemáticos. El caso de Nivel Medio Superior. *Eco Matemático*, 9(1), 65-76. <https://doi.org/10.22463/17948231.1727>.
- Camacho, J., Jara, N., Morales, C., Rubio, N., Muñoz, T. y Rodríguez, T. (2012). Los modelos explicativos del estudiantado acerca de la célula eucarionte animal. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), 196-212. 10498/14729
- Campos, P., Bazán, B., Sanmartí, N., Torres, M. D., Mingo, B., Fernández, M., Boixaderas, N., De la Rubia, M. E., Rodríguez, R., Pintó, R. y Gullón, M. J. (2003). *Biología*. Limusa.
- Carrillo, L., Morales, C., Pezoa, V. y Camacho, J. (2011). La historia de la ciencia en la enseñanza de la célula. *Tecné, Episteme y Daxis*, (29), 112-127. <https://doi.org/10.17227/ted.num29-1091>.
- De Haro, J. J. (1999). El origen de las teorías evolutivas. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, (26), 29-34.
- De Souza, M. C. (2010). Los conceptos estructurantes de la investigación cualitativa. *Salud Colectiva*, 6(3), 251-261.
- Díaz, B. L., Torruco, G. U., Martínez, H. M. y Valera R. M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en Educación Médica*, 2(7), 162-267.
- Fernández, J. J. y Sanjosé, V. (2007). Permanencia de Ideas Alternativas sobre Evolución de las Especies en la población culta no especializada. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (21), 129-149.
- Folguera, G. y Galli, L. (2012). La extensión de la síntesis evolutiva y los alcances sobre la enseñanza de la teoría de la evolución. *Bio-grafía*, 5(9), 4-18. <https://doi.org/10.17227/20271034>.
- Folguera, G. y Lipko, P. (2007). La teoría sintética y la población como (única) unidad evolutiva. *Filosofía e História da Biologia*, 2, 191-202.
- Galfione, M. V. (2013). Historia natural y temporalización: consideraciones sobre la Historia natural de Buffon. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 20(3), 813-829. <https://doi.org/10.1590/S0104-597020130003000005>
- García, F. V., García, N. R. D., Lorenzo, G. M. y Hernández, C. M. (2020). Los mapas conceptuales como instrumentos útiles en el proceso enseñanza-aprendizaje. *MediSur*, 18(6), 1154-1162.
- Glickman, S. (2009). Charles Darwin, Alfred Wallace y la evolución/creación del cerebro y mente humana.

- Gayana (Concepción), 73(Supl. 1), 32-41. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382009000300004>
- González, O. H. (2015). *La enseñabilidad de la evolución biológica en la Institución Educativa Académico de Guadalajara de Buga* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53060>
- Greca, I. y Moreira, M. A. (1998). Modelos Mentales, Modelos Conceptuales y Modelización. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15(2), 107-120.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. D. (2010). *Metodología de la investigación* (4ta ed.). Mc Graw Hill.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. D. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). Mc Graw Hill.
- Jalil, A. M. (2009). El debate creacionismo- evolución en profesores de biología y al interior de las clases de una escuela confesional. *Revista de Educación en Biología*, 12(2), 61-63. <https://doi.org/10.59524/2344-9225.v12.n2.22271>
- Jiménez, Y. C. y Martínez S. Y. (2011). Visiones y representaciones de estudiantes a través del dibujo. *Revista Mexicana de Orientación Educativa*, 8(21), 24-31.
- Márquez, C., Roca, M., Gómez, A., Sardá, A. y Pujol, R. (2004). La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras. *Investigación en la escuela*, (53), 71-81.
- Martínez, P. (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento y Gestión*, (20), 165-193.
- Okunda, M. y Gómez, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(1), 118-124.
- Oparin, A. (2022). *El origen de la Vida* (2.ª ed.). Panamericana.
- Ramírez, S. (2007). Linneo: la pasión de un médico por la clasificación de los seres vivos. *Revista Ciencias de la Salud*, (1), 101-103.
- Rodríguez, M. L., Marrero A. J. y Moreira, M. A. (2001). La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, 6(3), 243-268.
- Rodríguez, L. y Moreira, M. (1999). Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4(2), 121-160.
- Sánchez, M. C. (2000). *La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes* [Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional de la UNAM. https://repositorio.unam.mx/contenidos/la-ensenanza-de-la-teoria-de-la-evolucion-a-partir-de-las-concepciones-alternativas-de-los-estudiantes-87829?c=BPoVeE&d=false&q=*&i=19&v=1&t=search_0&as=0
- Sanz, S. T. (2007). El reto de enseñar evolución: uso de ejemplos cercanos al alumnado. *Revista de la Sociedad Española de Biología evolutiva*, 2(2), 69-73.
- Schilders, M., Boersma, K. y Sloep, P. (29 de agosto de 2007). Enculturation and the apparent incompatibility of religion and the theory of evolution [conferencia]. *12th European Conference for Reserch on Learning and Instruction: Developing Potentials for Learning*. Budapest. Hungría.
- Schnek, A. y Curtis, H. (1977). *Biología*. Médica Panamericana.
- UNAM. (s.f). *Evolución*. <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad1/evolucion/lamarck>
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2016a). *Syllabus Botánica I. Proyecto Curricular Licenciatura en Biología*. <http://licbiologia.udistrital.edu.co:8080/documents/12685/8630145/SYLLABUS+BOTANICA+I+JULIO+2016.pdf>
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2016b). *Syllabus Botánica II. Proyecto curricular Licenciatura en Biología*. <http://licbiologia.udistrital.edu.co:8080/documents/12685/8630145/SYLLABUS+BOTANICA+II+JULIO+2016.pdf>
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2016c). *Syllabus de Biología Celular. Proyecto Curricular de Licenciatura en Biología*. <http://licbiologia.udistrital.edu.co:8080/documents/12685/8630145/SYLLABUS+BIOLOGIA+CELULAR+JULIO+2016.pdf>
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2016d). *Syllabus Zoología de invertebrados. Proyecto Curricular Licenciatura en Biología*. <http://licbiologia.udistrital.edu.co:8080/documents/12685/8630145/SYLLABUS++ZOOLOGIA+INVERTEBRADOS++JULIO+2016.pdf>
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2016e). *Syllabus Zoología de Vertebrados*.

Proyecto Curricular Licenciatura en Biología.
<http://licbiologia.udistrital.edu.co:8080/documents/12685/8630145/SYLLABUS+ZOOLOGIA+VERTEBRADOS+JULIO+2016.pdf>

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2020). *Perfil del egresado.* <https://fciencias.udistrital.edu.co/licbiologia/sites/licbiologia/files/2023-11/Perfil%20de%20Egresado.pdf>

Urra, M. E., Núñez, C. R., Retamal, V. C. y Jure, C. L. (2014). Enfoques de estudio de casos en la investigación de enfermería. *Ciencia y Enfermería*, 20(2), 131-142. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95532014000100012>

Vaticano. (s.f). *Catecismo de la Iglesia Católica.* https://www.vatican.va/archive/catechism_sp/p1s2c1p6_sp.html