



CAMBIO EN LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE LA ESTRUCTURA CELULAR
EUCARIONTE, A TRAVÉS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON ELEMENTOS
DE USO COMÚN, EN ESTUDIANTES DE SEXTO GRADO

ANDRÉS FERNANDO GÁLVEZ OROZCO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
MANIZALES
2021

CAMBIO EN LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE LA ESTRUCTURA CELULAR
EUCARIONTE, A TRAVÉS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON ELEMENTOS
DE USO COMÚN, EN ESTUDIANTES DE SEXTO GRADO

Autor

Andrés Fernando Gálvez Orozco

Proyecto de grado para optar al título de Magister en Enseñanza de las Ciencias

Tutor

Dr. WILMAN RICARDO HENAO GIRALDO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
MANIZALES

2021

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza suficiente para alcanzar mis objetivos

A mis papás, por ser mi fuente de inspiración

A mi gata Isis, por estar siempre ahí en las jornadas de lectura y análisis

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, el Dr. Wilman Ricardo Henao, por su paciencia, dedicación y compromiso.

A todos los docentes y asesores de la maestría en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad Autónoma de Manizales, por su profesionalismo, objetividad y valiosos aportes a lo largo de los diferentes módulos.

A la Institución Educativa San Víctor de Supía, en cabeza de su rectora Blanca Isabel Bourdon, por permitirme el espacio para desarrollar mi investigación y su apoyo incondicional con el fortalecimiento del laboratorio escolar.

A los estudiantes de sexto grado, por su compromiso con el desarrollo de este estudio, aún con las dificultades que trajo consigo el tiempo de pandemia y la adaptación al trabajo virtual.

RESUMEN

El presente estudio, con un enfoque cualitativo descriptivo, se llevó a cabo con cuatro (4) estudiantes de sexto grado de la Institución Educativa San Víctor del municipio de Supía (Caldas), en él se caracterizaron los modelos explicativos de estructura celular antes y después de una intervención didáctica fundamentada en el trabajo práctico de laboratorio con elementos de uso común; para la recolección de información se utilizó un instrumento de lápiz y papel que, por medio de preguntas abiertas, indagaba alrededor de algunos modelos científicos.

Los modelos más básicos son los que se presentaron durante la aplicación del primer cuestionario (Hooke, Trevinarus y un modelo emergente), acompañados de una recurrencia en la utilización de los prototipos de célula más comunes en los libros de texto; posteriormente, luego de la intervención didáctica, se observó un cambio en dichos modelos hacia otros más avanzados como Heinrich y Brown, así como la utilización de conceptos propios del campo de estudio y respuestas fundamentadas en actividades experimentales desarrolladas en la unidad didáctica.

Palabras claves: Modelos explicativos, Prácticas de laboratorio, Estructura celular y Unidad didáctica.

ABSTRACT

This paper with a descriptive qualitative approach was carried out with four (4) sixth grade students from the San Víctor Educational Institution in the municipality of Supía (Caldas), it characterized the explanatory models of cellular structure before and after a didactic intervention based on practical laboratory work with commonly used elements; for the information collection a pencil and paper instrument was used that, through open questions scans around some scientific models.

The most basic models were those presented during the application of the first questionnaire (Hooke, Trevinarus and an emerging model), accompanied by a recurrence in the use of the most common cell prototypes in textbooks; subsequently, after the didactic intervention, there was a change in these models towards more advanced ones such as Heinrich and Brown were observed, as well as the use of filed-of-study concepts and answers based on experimental activities developed in the didactic unit.

Key words: Explanatory models, Laboratory practices, Cellular structure and Didactic unit.

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN	10
2 ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	12
3 OBJETIVOS.....	16
3.1 OBJETIVO GENERAL	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4 JUSTIFICACIÓN.....	17
5 REFERENTE TEÓRICO.....	19
5.1 ANTECEDENTES.....	19
5.1.1 Modelos Explicativos De Célula.	19
5.1.2 Enseñanza Y Aprendizaje De La Célula En El Laboratorio.....	24
5.2 REFERENTES CONCEPTUALES.....	26
5.2.1 Modelos Explicativos	27
5.2.2 El Trabajo En Laboratorio	30
5.2.3 Estudio De La Estructura Celular	33
5.2.4 La Célula En Los Derechos Básicos De Aprendizaje (DBA).....	36
5.2.5 Unidad Didáctica	41
6 METODOLOGÍA	43
6.1 TIPO DE ESTUDIO Y ALCANCE.....	43
6.2 POBLACIÓN Y CONTEXTO	43
6.3 UNIDAD DE TRABAJO.....	44
6.4 CONSIDERACIONES ÉTICAS	44
6.5 UNIDAD DE ANÁLISIS	45
6.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	46
6.7 DISEÑO METODOLÓGICO	47
6.8 PLAN DE ANÁLISIS	49
7 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	52

7.1	MODELOS EXPLICATIVOS DE ESTRUCTURA CELULAR Y SU RELACIÓN CON LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON ELEMENTOS DE USO COMÚN.....	52
7.1.1	Caracterización De Los Modelos Explicativos Iniciales Asociadas A La Estructura Celular Eucarionte.	52
7.1.2	Consideraciones De Aplicación Del CME1	57
7.1.3	La Célula En Las Prácticas De Laboratorio Y Su Relación Con Los Modelos Explicativos.....	59
7.1.4	Identificación De Los Modelos Explicativos Finales Asociados A La Estructura Celular Eucarionte.	63
7.1.5	Consideraciones De Aplicación Del CME2	68
8	CONCLUSIONES	71
9	RECOMENDACIONES	73
10	REFERENCIAS.....	74
11	ANEXOS	80
11.1	Anexo 1. Instrumento de indagación de modelos explicativos	80
11.2	Anexo 2. Consentimiento informado	83
11.3	Anexo 3. Unidad didáctica	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Historia de la célula	34
Tabla 2. La célula en los DBA.....	37
Tabla 3. Categorías y subcategorías de análisis.....	45
Tabla 4. Relación preguntas-modelos en el CME1	47
Tabla 5. Codificación de la información	50
Tabla 6. Respuestas al CME1	53
Tabla 7. Resultados CME1	58
Tabla 8. Respuestas al CME2	63
Tabla 9. Resultados CME2	68

1 INTRODUCCIÓN

El propósito de este estudio fue describir el posible cambio de los modelos explicativos sobre la estructura celular eucarionte en estudiantes de sexto grado de educación básica secundaria, esto, mediado por una intervención didáctica que permitiera aprovechar las ventajas del trabajo práctico, más exactamente de las prácticas de laboratorio enfocadas en la utilización de elementos de uso común para el alumnado. La presente investigación partió de la incertidumbre que presentan los estudiantes alrededor de la estructura celular, su estudio práctico y los obstáculos de aprendizaje asociados a la utilización de los prototipos de célula animal y vegetal más comunes en los libros de texto (Clement, 2007), las dificultades de comprensión del intercambio de sustancias (Camacho et. al, 2012) y la necesidad de vincular al estudiante en los procesos de construcción del conocimiento alrededor de la enseñanza de esta unidad (Paz, 2019).

De acuerdo con García y Ruíz (2017), los modelos explicativos permiten evidenciar un cambio de tipo conceptual en los estudiantes y así, una mayor comprensión de los conceptos abordados; por esto, se constituye como una de las categorías de análisis en el presente estudio, acompañada del aprendizaje de la célula en el laboratorio.

Dado esto, se formuló la pregunta como ruta a seguir en el proceso investigativo, a la luz de diferentes antecedentes del ámbito nacional e internacional, los cuales han realizado aportes importantes en el estudio de los modelos explicativos y el aprendizaje de la célula desde el laboratorio escolar. De igual forma, se reúnen consideraciones significativas desde la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, la didáctica, la epistemología del estudio celular y los Derechos Básicos de Aprendizaje de ciencias naturales del Ministerio de Educación Nacional.

Respecto a la metodología, la investigación tuvo un enfoque cualitativo de tipo descriptivo, ya que su objeto de estudio fue la descripción de un fenómeno en una situación particular. La recolección de datos se realizó por medio de un instrumento de lápiz y papel aplicado al principio y final de la investigación y cuyo propósito fue identificar los modelos explicativos de los estudiantes antes y después de la aplicación de la unidad didáctica; cada

pregunta del cuestionario estuvo dirigida a evaluar la afinidad del estudiante con cada uno de los cuatro modelos explicativos seleccionados para este estudio.

La unidad didáctica, a pesar de no ser un instrumento de recolección de información, si constituyó una herramienta valiosa al momento de analizar el cambio presentado por los estudiantes en sus modelos; así pues, los cuestionarios y las actividades presentes en dicha unidad, pudieron dar cuenta del proceso desarrollado por el alumnado y que se vio finalmente reflejado en el cambio en sus modelos explicativos cuando se aplicó de nuevo el instrumento.

2 ÁREA PROBLEMÁTICA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de la asignatura de ciencias naturales con el grado séptimo de la Institución Educativa San Víctor, los estudiantes han manifestado su incertidumbre alrededor del tema de la célula eucariota. En concreto, cuando se les indaga acerca de sus dificultades con dicho contenido asociado, hacen énfasis en la morfología y estructura de esta unidad, argumentando que es algo muy pequeño como para permitir conocerlo a un nivel de detalle apropiado y que lo único que reconocen son los gráficos presentados en las guías de la asignatura, en las que se observaba la célula como un “pastel” o una “sopa”, pero sin identificar sus partes ni sus respectivas funciones.

Es preciso señalar que, esta dificultad también va acompañada de un constante descenso en los puntajes promedio de la institución para el área de ciencias naturales en las pruebas saber, de manera especial, en las preguntas relacionadas con el entorno vivo. En los años 2017 a 2019, se pasó de un 50% a 70% de repuestas incorrectas en las preguntas relacionadas con los fenómenos naturales y el conocimiento científico.

Los estudiantes del grado séptimo, declaran que nunca han utilizado los microscopios ni el laboratorio de la institución en el área de ciencias naturales; despertándose así un sentimiento de inconformismo, pero a su vez de curiosidad y deseo por manipular dicho instrumento.

La necesidad de satisfacer su propia curiosidad es descrita por Tamayo (2001) como uno de los cuatro motivos especiales que dirigen el aprendizaje de los estudiantes; el cual está acompañado también de la necesidad de cumplir las obligaciones, de relacionarse con los demás y de tener éxito. Tamayo (2001), se basa finalmente en las apreciaciones de Bacas y Martín-Díaz (1992) y presenta los alumnos curiosos como aquellos que demuestran un interés sobre nuevos fenómenos científicos y una inclinación a examinar y explorar la información. En este orden de ideas, se pueden identificar algunos aspectos importantes.

En primera medida, un obstáculo de aprendizaje de los estudiantes alrededor de la estructura de la célula eucariota. En efecto, la célula es un punto clave en la conceptualización y articulación de la biología escolar que ha sido abordado principalmente desde sus generalidades y muy poco desde las estructuras y funciones de sus organelos

(Carrillo et. al, 2011). La importancia del concepto de célula que mencionan los autores, se ve reflejada actualmente en su recurrencia en los Derechos Básico de Aprendizaje (DBA) de Ciencias Naturales en los grados quintos a octavo y su articulación con distintas áreas del saber, ya que alrededor del 45% de los DBA están relacionados con el campo celular.

En este mismo sentido, Rodríguez, Marrero y Moreira (2001) señalan que existen regularidades que se corresponden con las formas de pensar de los estudiantes alrededor de la célula, observándose así que estos modos comunes en la forma de procesar el contenido trabajado y de plasmarlo, se relacionan con las representaciones externas que les han aportado. En su trabajo, los autores analizan distintas investigaciones del estudio de la célula, encontrando situaciones como: el uso de conocimiento intuitivo por parte de los estudiantes para desarrollar de una manera no científica explicaciones inadecuadas; representaciones idealizadas de la célula, en dos dimensiones y con pocos organelos; y desconocimiento de las dimensiones de la célula y sus organelos. Así pues, en el caso de la situación de aula expuesta inicialmente, los estudiantes sólo han visto la célula en imágenes de libros y guías, y por lo tanto se tiene la visión de esta unidad como algo alejado de su contexto.

Siguiendo con esta línea, Mengascini (2006) presenta en su estudio de investigación las dificultades para el aprendizaje de la organización celular; la visualización de estructuras tridimensionales por medio de imágenes bidimensionales, la omisión de algunos organelos y la visión antropocéntrica de la célula, es decir, su enfoque casi exclusivo al ser humano, son las dificultades más presentes en sus estudios y que contribuye a la caracterización del problema a abordar en la presente investigación.

En segunda medida, la curiosidad y el deseo de los estudiantes de grado séptimo por ver una célula se establece como un elemento a analizar y se constituye como un punto de partida interesante, ya que según lo presentado por Azcarate y Cuesta (2005), pocas veces los profesores se conectan con los intereses de los alumnos y sólo cuando ellos están interesados de antemano por la temática a trabajar se logra esta conexión.

Conviene subrayar que el laboratorio es un espacio que logra concentrar este interés de los estudiantes, ya que permite que puedan explorar y formular hipótesis alrededor de los fenómenos que van experimentando y los relacionen con los conceptos estudiados. En el

caso de la célula, unidad presente en todos los seres vivos, el uso de objetos pertenecientes a su contexto como frutas y verduras de uso común, muestras de agua de las fuentes hídricas cercanas a la institución y los propios tejidos humanos, permiten una mejor profundización del concepto.

Se debe agregar que autores como Díaz y Jiménez (1996) destacan la importancia de las prácticas de laboratorio como estrategia para mejorar el escaso conocimiento que tienen los estudiantes sobre la forma y estructura celular. Por su parte Noy (2011) y Martínez (2016), en el desarrollo de unidades didácticas, incluyen este aspecto como recurso para el fortalecimiento de competencias científicas.

Así pues, se identifica la oportunidad de poder evaluar desde el inicio de la educación secundaria, si el laboratorio de biología, fundamentado en prácticas con elementos de uso común o del contexto, permite una mejor comprensión por parte de los estudiantes de sexto grado acerca de la estructura celular eucarionte y, de acuerdo a las siguientes consideraciones los modelos explicativos pueden ser una vía importante para dar cuenta de ello.

Dichos modelos explicativos en el campo de la biología y en específico alrededor de la célula han sido poco documentados, pero se pueden destacar los aportes de Rodríguez et al. (2001) quien resalta los modelos como referencia para el estudio de las representaciones de célula generadas por los estudiantes, Clement (2007) y su presentación de los modelos de la célula y sus características fundamentales, a partir de los aportes de distintos autores y Clement (2008) con el planteamiento de algunas estrategias cognitivas basadas en los modelos para alcanzar un cambio conceptual.

Por su parte, Camacho et al. (2012) caracterizan estos modelos en algunos estudiantes e identifican sus principales dificultades de aprendizaje y Santamaría et al. (2012) relacionan los modelos de célula dados por los estudiantes con su experiencia escolar. En los últimos años, Paz (2019) y Edelsztejn y Galagovsky (2020), han desarrollado procesos investigativos enfocados a diagnosticar el nivel de comprensión de la célula en estudiantes de secundaria y a proponer acciones que lleven a transformar las prácticas de aula, a través de la reflexión y de las opiniones y perspectivas del alumnado.

En vista de todo lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación: *¿De qué manera cambian los modelos explicativos sobre la estructura celular eucarionte, a través de prácticas de laboratorio con elementos de uso común, en estudiantes de sexto grado?*

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Describir el posible cambio de los modelos explicativos sobre la estructura celular eucarionte, a través de prácticas de laboratorio con elementos de uso común, en estudiantes de sexto grado.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los modelos explicativos iniciales de estudiantes de sexto grado, asociados a la estructura celular eucarionte.
- Identificar los modelos explicativos finales de los estudiantes sobre la estructura celular eucarionte, una vez aplicada la unidad didáctica enfocada en prácticas de laboratorio.

4 JUSTIFICACIÓN

Las prácticas de laboratorio han sido ampliamente estudiadas como una herramienta importante en la didáctica de las ciencias, buscando así fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje por medio de la experimentación. Pero a pesar de esto, aún son numerosas las instituciones educativas que teniendo instalaciones, reactivos y equipos; no le brindan el lugar de importancia que se merece el trabajo de laboratorio y desaprovechan una oportunidad valiosa de construcción de conocimiento.

En el caso de la Biología, el trabajo en laboratorio permite que el estudiante comprenda que las complejidades en las estructuras que componen los seres vivos están más cerca de lo que se percibe; como caso particular se tiene en esta investigación la estructura celular eucarionte, la cual es identificada por los estudiantes como compleja y alejada de la realidad. Así pues, en la institución educativa San Víctor del municipio de Supía (Caldas) existe un laboratorio de Biología y Química, dotado con insumos esenciales, que facilitan la ejecución de distintas prácticas alrededor del reconocimiento de la estructura de las células eucariotas.

Díaz y Jiménez (1996) relacionan directamente el laboratorio con el estudio de la teoría celular, ya que en su investigación analizan la idea de célula como objeto tridimensional que tiene cada alumno y cómo por medio de prácticas de laboratorio se puede ampliar esta concepción y superar algunas dificultades ligadas al escaso conocimiento del aspecto, forma y estructura de esta unidad de los seres vivos.

En efecto, el espacio en la institución es subutilizado y los estudiantes identifican algunos instrumentos que allí se encuentran, pero nunca los han usado; por lo que la aplicación de la unidad didáctica busca promover destrezas científicas en los estudiantes victorinos y contribuir al aprendizaje del conocimiento biológico.

Para reconocer el impacto del trabajo práctico de laboratorio y partiendo de los obstáculos de aprendizaje presentados por diversos autores, se hace uso de los Modelos Explicativos, los cuales son una categoría de la didáctica de las Ciencias con la que se puede lograr que los estudiantes utilicen diferentes formas de representación de sus explicaciones (Orrego, Tamayo y Ruíz, 2016), en este caso acerca de la estructura celular

eucarionte. Estos modelos permiten organizar las ideas y los llevan a ser críticos de sus propias conceptualizaciones y las de sus compañeros según lo expresa Tamayo (2009).

Un cambio en los modelos explicativos de la estructura celular eucarionte, que presentan los estudiantes, hacia modelos científicos, permite lograr descripciones más detalladas y cercanas a la ciencia de los distintos organelos que conforman una célula eucariota, reconocer sus variaciones respecto a dimensiones y formas, así como profundizar en sus dinámicas tanto internas y externas. Como lo da a entender Agudelo (2019); se alcanza una mayor eficacia en la enseñanza de la célula cuando se propende por una formación científica basada en competencias comunicativas, en donde el estudiante pueda darle sentido al material conceptual y a su experiencia y logra dar explicaciones desde lo determinado por los modelos o teorías científicas.

Finalmente, al identificar los modelos explicativos de los estudiantes acerca del tema en cuestión y proponer un conjunto de actividades de laboratorio encaminadas a lograr su evolución, se pueden alcanzar momentos de reflexión de los estudiantes acerca de sus procesos de aprendizaje y aportar a la construcción colectiva de conocimiento escolar como lo presentan Orrego et al. (2016).

5 REFERENTE TEÓRICO

A pesar de no ser una categoría muy estudiada, como se ha podido detallar en la búsqueda bibliográfica, algunos autores han abordado en sus trabajos los modelos explicativos de la célula, constituyéndose como antecedentes teóricos para la presente propuesta investigativa. De igual forma, gracias a sus aportes didácticos, conceptuales y metodológicos y sumados a otros autores, se constituyen como la base para la construcción de los referentes conceptuales.

5.1 ANTECEDENTES

El estudio de los modelos explicativos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias ha tenido algunos referentes teóricos importantes vistos de un modo general, que son presentados en los referentes conceptuales. En el caso de su aplicación al concepto de célula, enfoque de la presente investigación, se presenta la siguiente recopilación:

5.1.1 Modelos Explicativos De Célula.

Para iniciar, se resalta que autores como Rodríguez et al. (2001) abordan esta categoría en sus trabajos investigativos. En su estudio, basado en la teoría de modelos mentales de Johnson-Laird, se establece que estos modelos pueden ser considerados una referencia teórica, ya que ofrecen explicaciones y predicciones en el estudio de las representaciones de célula generadas por los alumnos; es importante mencionar que esta investigación se trató principalmente de un análisis del nivel psicológico de la cognición. Y que, a pesar de ser una publicación enfocada hacia los modelos mentales, su campo de aplicación, en este caso la célula, y su base metodológica que involucra cuestionarios, dibujos y la construcción de modelos que puedan explicar y llevar a los estudiantes a comprender una entidad tan compleja como la célula, permiten que pueda ser tomado como un antecedente para la presente investigación.

Rodríguez et al. (2001) proponen un cuestionario inicial y uno final (el mismo en ambas ocasiones), los cuales permiten ubicar a los 36 estudiantes de un curso de orientación universitaria en diferentes modelos acerca de la célula e ir delimitando su grado de evolución o cambio. Así mismo, complementan este proceso de identificación con

actividades como mapas conceptuales, dibujos y entrevistas; dichas actividades, claramente, permiten a los autores la selección de conceptos, el uso adecuado de la información y el análisis de imágenes utilizadas por los estudiantes.

Los autores, encuentran que existen algunas regularidades y coincidencias en los modos en que los estudiantes entienden la célula, permitiendo describir cuatro modelos diferentes. Respecto a estos modelos, se observa, a partir de sus características, que estos son progresivos; es decir, el primer modelo o “A” es el más básico y presenta la célula desde su estructura, pero no desde su funcionamiento, mientras que el cuarto modelo o “D” es el más completo e integra estructura/funcionamiento. De igual forma, los resultados demuestran que la mayor parte de los estudiantes analizados, se ubican al inicio de la investigación en el modelo A y al final se distribuyen entre los otros tres modelos.

Así pues, el trabajo de Rodríguez et al. (2001) se constituye en pieza sustancial para el desarrollo de trabajos investigativos alrededor de una unidad tan compleja como lo es la célula. Se considera un antecedente importante para el presente estudio, ya que el uso del mismo cuestionario al inicio y final de la investigación es pertinente, dado que facilita el reconocimiento de los posibles cambios en los modelos de los estudiantes, a pesar de no profundizar mucho en las metodologías utilizadas para promover dicha evolución.

Por otro lado, Clement (2007) en su estudio del concepto de célula desde los puntos de vista histórico y didáctico, destaca la modelización como ruta para superar las dificultades que surgen cuando se presenta un prototipo vinculado a un concepto, sin una explicación sobre sus orígenes; refiriéndose a la célula y las formas de representación más comunes que existen. En este punto, es importante resaltar que lo que el autor plantea hace referencia principalmente a las imágenes de los libros de texto para el área de Ciencias Naturales, en los cuales, se presentan prototipos de célula animal y vegetal con una referencia única y que limitan al estudiante a pensar que todas las células vegetales tienen la misma morfología; sucediendo lo mismo con la célula animal.

Es por esto, que para Clement (2007), estas dos formas de representar la célula pueden inducir a obstáculos didácticos en el aprendizaje de los estudiantes, aunque reconoce que, a pesar de esta dificultad, han sido los prototipos de mayor éxito. El enfoque histórico y

sociológico de estos prototipos, así como su explicación desde la pedagogía, han permitido que durante mucho tiempo sean utilizados en el ámbito educativo.

Finalmente, esta investigación del concepto de célula arroja que se debe fortalecer la modernización en los contenidos que se enseñan y su renovación a la par que lo hace el conocimiento científico sobre la biología celular y molecular. Por esto, se resalta el trabajo de Clement (2007) como una amplia investigación de la importancia del contexto histórico y epistemológico del concepto de célula y su articulación con los modelos teóricos.

El mismo autor, ya en el año 2008, va más a fondo y plantea estrategias cognitivas basadas en modelos para fomentar el cambio conceptual y da pie al estudio de la tensión existente entre analogías y modelos en el aprendizaje de las ciencias (Clement, 2008). En su investigación, se observa un interés por no solo caracterizar los modelos dados por el alumnado, sino por buscar herramientas apropiadas que permitan evidenciar en ellos un cambio en el concepto estudiado; planteamiento similar al de la presente propuesta investigativa.

Clement (2008) no hace una referencia precisa de la aplicabilidad de los modelos explicativos en el estudio de la célula, como si lo hacen otros autores presentados en este numeral, pero brinda herramientas metodológicas y conceptuales para la promoción del cambio conceptual evaluado desde estos modelos. No obstante, si hace una aproximación al campo de la Biología, mediante la descripción de la evolución de los modelos explicativos de respiración pulmonar y el análisis de las disonancias de un grupo de estudiantes y otro de maestros.

Por su parte, Camacho et al. (2012), relacionan los distintos modelos explicativos de célula formulados por Barquero (1995) con las apreciaciones de un grupo de estudiantes antes y después de una intervención didáctica, buscando obtener explicaciones de tipo científico acerca de la estructura de la célula eucarionte animal. En la investigación, los autores confirman algo que previamente se había descrito en los trabajos de Rodríguez et al. (2001) y Clement (2007), y es la fuerte influencia que tienen las imágenes de célula presentadas en los libros de texto sobre los modelos explicativos del estudiantado.

Para el desarrollo de la investigación, Camacho et al. (2012), esbozan dos momentos clave: exploración y aplicación. En el momento de exploración se identifican los modelos

previos de los estudiantes mediante la elaboración de un dibujo de la célula y posteriormente se realizan una serie de actividades para promover la evolución de los modelos iniciales y la transferencia a otros contextos, lo que sería el momento de aplicación.

Los autores encuentran que los aspectos que se relacionan con el medio externo e interno de la célula representan una mayor dificultad, es decir, todo lo que tiene ver con el intercambio de nutrientes y desechos metabólicos. Esto significa que los modelos explicativos del estudiantado en general, solo se relacionan con algunos aspectos del modelo teórico de la célula; de manera especial en la unidad estructural y cuando se incorpora nueva información pueden emerger nuevos modelos explicativos.

El modelo Hooke o básico, similar a lo que sucede en el estudio de Rodríguez et al. (2001), es el de mayor incidencia inicial en los estudiantes que hicieron parte de esta investigación. La aplicación de la Unidad Didáctica propuesta a partir del Modelo Cognitivo de Ciencia mejoró de manera significativa los modelos explicativos (Camacho et al, 2012); esto evidenciado en que, al final de la investigación, solo un estudiante continuaba en el modelo Hooke. Es importante mencionar que los autores contemplan la aparición de modelos emergentes que integran consideraciones de otros modelos, surgen en las actividades de aplicación y generalmente son característicos de un solo estudiante.

Ahora bien, Santamaría et al. (2012) investigando acerca de los obstáculos epistemológicos en la enseñanza del concepto célula, identificaron que la modelización de los estudiantes refleja modelos materializados enseñados en la escuela y que les ha permitido concretizar el nivel de abstracción y lo intangible de este concepto; pero también, la experiencia escolar puede desdibujar los modelos científicos, siendo esto un obstáculo de aprendizaje. En este punto, se puede evidenciar la persistencia de las representaciones comunes de la célula como un obstáculo de aprendizaje, que lleva a pensar su estructura, sus organelos y sus funciones de una forma alejada del conocimiento científico.

Santamaría et al. (2012) hacen una claridad importante, la cual está relacionada con los conocimientos previos de los estudiantes y su fuerza dentro del proceso de aprendizaje. A pesar de que los modelos de los estudiantes generalmente tienen un origen más lingüístico y cultural, la idea no es desarraigar completamente estas concepciones, sino tomarlas como

punto de partida para llegar a los modelos científicos. Los autores resaltan los mitos y creencias alrededor de la célula como una situación recurrente y que, al utilizar un lenguaje cultural, se verbalizan con mayor facilidad.

En los últimos años, autores como Paz (2019) han realizado aportes importantes en la relación célula – modelos explicativos. El autor, realiza un diagnóstico sobre el nivel de comprensión de la célula, implementa una estrategia y evalúa su impacto; encontrando que existe una falta de eficacia en la enseñanza de la célula y que, a su vez, esto lleva a modelos celulares simples e incompletos. Al final de su estudio con 40 estudiantes y luego de una intervención didáctica, encuentra que el uso de elementos icónicos permite un reconocimiento de la estructura interna célula y una organización en sus interpretaciones.

En la misma línea, Edelsztejn y Galagovsky (2020) documentan las dificultades que presentan los estudiantes de secundaria para procesar la información referida al concepto de célula y la presencia de modelos explicativos conscientes, pero científicamente incorrectos, lo cual lleva a generar ideas previas erróneas. Estos dos últimos estudios expuestos, dan cuenta que las dificultades de aprendizaje alrededor del concepto aún son persistentes y que es misión de los docentes y funcionarios educativos, el análisis de contenidos y estrategias didácticas que resulten apropiados para la enseñanza de la célula en distintos niveles.

Como resultado de este análisis de antecedentes de los modelos explicativos aplicados al concepto de célula, así como la evaluación de la metodología, el campo de estudio y los aportes de los diferentes autores, se propone utilizar el trabajo de Camacho et al. (2012) como principal referente para la presente investigación. Los modelos allí presentados son un fundamento importante para la construcción de los instrumentos de recolección de información y la definición de las subcategorías de análisis, dada su fuerte relación con la estructura celular y la explicitud en sus definiciones.

En este punto es preciso mencionar que en la Universidad Autónoma de Manizales se han llevado a cabo distintos trabajos investigativos que relacionan los modelos explicativos con el concepto de célula. De esta forma, se pueden mencionar los aportes de Montiel (2018) que, por medio de una unidad didáctica basada en argumentación, analiza los cambios en los modelos explicativos de célula, dejando abiertas las posibilidades para

diseñar intervenciones didácticas que permitan vencer los obstáculos sobre los modelos explicativos de este concepto que tienen los estudiantes.

De igual modo, se presentan los resultados de Álvarez (2018), que establece los modelos explicativos de un grupo de estudiantes alrededor de la célula y aunque no se presenta intervención didáctica para analizar un posible cambio en los modelos, si se hace énfasis en la utilización de los modelos explicativos que tiene los estudiantes como punto de partida para cualificar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Y finalmente, Deleón (2018), quien, desde el estudio de las mutaciones, destaca que la articulación de modelos explicativos en el aula desarrolla niveles de argumentación significativos en los estudiantes. Y aunque no aborda el concepto de célula, es un avance importante en la aplicación de los modelos explicativos en el aula.

Por otro lado, Buitrago (2014) y Toro (2016), por medio de trabajos investigativos de maestría en la Universidad Nacional de Colombia, identifican los modelos explicativos de célula en estudiantes de básica secundaria y primaria, respectivamente. Luego de la aplicación de una unidad didáctica, utilizando estrategias metacognitivas para fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto, se documenta una evolución en los modelos iniciales.

5.1.2 Enseñanza Y Aprendizaje De La Célula En El Laboratorio

Ya se ha realizado un recorrido por algunos autores que han abordado en sus estudios de modelización el concepto de célula. Ahora, se presenta la segunda categoría de análisis, constituida por el trabajo práctico en laboratorio alrededor de la célula y sus antecedentes.

Para comenzar este punto, es preciso mencionar que las prácticas de laboratorio han sido ampliamente estudiadas. Autores como Izquierdo et al. (1999) y Nieto (2005) señalan su importancia en el aprendizaje de las ciencias y la comprensión de algunos fenómenos cotidianos, pero resaltando siempre la necesidad de que el estudiante sepa qué es lo que está haciendo y se realice una adecuada planeación de las actividades.

Ahora bien, relacionado directamente con el concepto de célula, Díaz y Jiménez (1996) vinculan el laboratorio con el estudio de la teoría celular, ya que en su investigación analizan la idea de célula como objeto tridimensional que tiene cada alumno y cómo por

medio de prácticas de laboratorio se puede ampliar esta concepción y superar algunas dificultades ligadas al escaso conocimiento del aspecto, forma y estructura de esta unidad de los seres vivos.

Antes de examinar los resultados obtenidos por los autores, es clave acotar que las prácticas de laboratorio que hicieron parte del estudio fueron las establecidas normalmente por los docentes e incluyen la observación de células de epidermis de cebolla, lirio y del epitelio bucal. Esto, con el fin de que las interferencias al curso normal de la asignatura fuesen mínimas.

Aclarado este punto, Díaz y Jiménez (1996) se concentran en el dibujo como vía para que los estudiantes den cuenta de lo que observan en cada una de las prácticas. Posteriormente agrupan estos dibujos de acuerdo a su similitud morfológica y la distribución y detalles de sus organelos. Así pues, encuentran que las representaciones de los estudiantes se pueden organizar en cuatro categorías y que después de avanzar en el curso, dichas representaciones mejoran tanto en cantidad de estructuras presentadas como en la calidad del dibujo.

De igual forma, Sanmartí, Márquez y García (2002) resaltan la importancia que han tenido la invención y uso de nuevos instrumentos de laboratorio en el avance de la ciencia. Ejemplifican que sin microscopio no existiría el concepto de célula tal como se ha construido en la actualidad y que aún existen escuelas que prescinden del conocimiento del instrumento que ha contribuido a la génesis del modelo en sus procesos de aprendizaje.

En su investigación, los autores describen distintos ejemplos en los cuales los trabajos prácticos y el cambio en la forma de ver las cosas permiten que los estudiantes puedan acercarse a los modelos científicos; reconociendo así su potencial para transformar la realidad. Sanmartí et al. (2002) es un antecedente importante de como las experiencias paradigmáticas, establecidas de forma clara y concisa, llevan a construir modelos explicativos coherentes con los hechos de la Ciencia.

De modo similar, Noy (2011) en su investigación que busca abordar el conocimiento de las Ciencias Naturales de manera lúdica y experimental a partir de los conocimientos previos de los estudiantes, desmitifica el uso del laboratorio y lo hace asequible a los estudiantes, presentando ejemplos prácticos para la enseñanza del concepto de célula. Es

importante mencionar que el autor hace hincapié en evitar que las prácticas de laboratorio se conviertan en recetarios y sean de verdad un recurso didáctico que permita el desarrollo de competencias científicas.

Noy (2011), hace uso de una unidad didáctica para que mediante el trabajo práctico de laboratorio los estudiantes puedan alcanzar el manejo de conceptos propios de las Ciencias Naturales, dentro de los que se enmarcan los procesos biológicos y la promoción evolutiva de sus modelos iniciales. Por consiguiente, persigue la misma línea de trabajo de los otros autores que se han traído a colación y que desde sus metodologías enriquecen el presente trabajo investigativo.

Martins et al. (2019) y Barra et al. (2020) resaltan la importancia de utilizar materiales didácticos y actividades de laboratorio en la enseñanza de contenidos biológicos complejos, como lo es la célula, dada su naturaleza y abstracción. Plantean que se debe apelar a la creatividad y a la imaginación para dejar de un lado la transmisión de contenidos y reconocer el proceso de construcción que implica aprender una noción. Así pues, el trabajo de estos autores permite pensar en los aspectos concretos y observables que deben ser incluidos en la unidad didáctica del presente estudio y que contribuyan a lograr un mejor desempeño de los estudiantes.

Además, autores como López y Tamayo (2012), en el ámbito nacional, a pesar de no hacer referencia propiamente al concepto de célula, si abordan las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. En su estudio se destaca también la importancia de reorientar el trabajo experimental, con el fin de que adquiera sentido y significado para promover el aprendizaje de los estudiantes, además de brindar referentes conceptuales importantes para la forma en la que se pretenden abordar las prácticas de laboratorio en el presente estudio.

5.2 REFERENTES CONCEPTUALES

A parte de los antecedentes bibliográficos, también es necesario explorar las construcciones conceptuales que se han desarrollado por parte de diversos autores, alrededor de las categorías de estudio:

5.2.1 Modelos Explicativos

5.2.1.1 Modelos Explicativos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias

Algunas investigaciones que han tratado los modelos explicativos desde la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, la cual es una de las categorías de investigación del presente estudio, permiten construir su definición. Aragón, Oliva y Navarrete (2013), señalan que los modelos son: "...conocimientos escolares idealizados sobre la realidad que nos permiten comprenderla e interactuar con ella, tanto en la clase de ciencias como en la vida personal" (p.1). En este trabajo se expone que los modelos explicativos sufren una evolución a lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje, gracias a factores como el aprendizaje colaborativo, el clima de aula, la metodología de trabajo y las analogías. Así mismo, se resalta su identificación, como una de las actividades exploratorias iniciales que corresponden al primer momento de intervención didáctica.

Mucho antes, Giere (1992) presentaba los modelos como un aspecto de vital importancia en la ciencia, dado que se relacionaban de manera especial con las teorías, los datos y las analogías. Para este autor, los modelos proporcionan una interpretación de axiomas no interpretados, al mismo tiempo que permiten reconstruir y descifrar la realidad. La importancia del trabajo de Giere (1992), radica en que invita a los maestros a que posibiliten al estudiante construir su propio modelo explicativo y así puedan apropiarse del contenido trabajado; además de ser la base para investigaciones posteriores.

Por su parte, Camacho et al. (2012), plantean los modelos explicativos como conocimientos escolares que corresponden a las características cognitivas de cada individuo, por lo que exaltan la modelización como de vital importancia en la actividad científica escolar. Esta perspectiva también es aceptada por Raviolo (2009), quien basado en los estudios de Johnson-Laird, presenta que las personas captan el mundo a través de representaciones mentales o cognitivas de este y que las imágenes y analogías constituyen su pieza esencial y más en un tema como la célula, en donde la relación con otras situaciones y objetos permiten al estudiante plantear su modelo.

Del mismo modo, en el trabajo de García y Ruíz (2017) se explica cómo los modelos explicativos permiten evidenciar un cambio de tipo conceptual en los estudiantes y así, una

mayor comprensión de los conceptos abordados. Pero, para Órdenes y Camacho (2017), continúan teniendo un deficiente nivel de contenido teórico, acorde a los niveles de escolaridad de los estudiantes. Es por esto, que el cambio en los modelos explicativos debe ser impulsado por una intervención didáctica que lleve al estudiante a profundizar y apropiarse del contenido, como ya lo han expuesto los autores anteriormente referenciados.

Complementado esta idea, Tamayo y Sanmartí (2007) reconocen el papel del estudio de las representaciones mentales de los estudiantes como una ruta para conocer los procesos por los cuales construyen y reconstruyen conocimiento, pero hacen hincapié en afrontar este estudio desde una perspectiva multidimensional, considerando así, aspectos tales como los epistemológicos, ontológicos y cognitivo-lingüísticos. Dicho esto, los autores concluyen que el estudio multidimensional de las representaciones mentales es el punto de partida para fortalecer la evolución de conceptos científicos.

En esta misma vía, Aliberas et al. (1989) definen los modelos explicativos como representaciones mentales pertinentes a cada situación, que permiten comprenderla, resaltando que cuánto más complejo es lo que se desea explicar, más necesidad se tiene de un lenguaje que permita representarlo y comunicarlo. Además, tienen implicaciones importantes en el inicio y la conclusión del ciclo de aprendizaje, pues el estudiante toma conciencia de su modelo explicativo al inicio, y de los cambios que ha experimentado al final, contribuyendo así a la regulación del aprendizaje (Marzábal, 2012).

Hay que mencionar, además, que Aliberas et al. (1989) enuncian también, que estos modelos van evolucionando desde formas más sencillas a más elaboradas con el apoyo educativo adecuado y se aproximan cada vez más a los modelos científicos en un proceso de modelización, y llevan también a establecer una relación indirecta entre los hechos y la teoría. Esta evolución corresponde al segundo momento de intervención y como lo resume Aragón et al. (2013), debe propender por que el alumno desempeñe un papel activo y participativo, que le permita implicarse en el proceso de aprendizaje, en general, y en los procesos de modelaje, en particular.

Y, por último, el tercer momento que integra actividades que sirven de reflexión para el estudiante acerca de su propio aprendizaje, como instrumento para evaluar los aprendizajes

logrados y proceder al estudio comparativo de los modelos explicativos antes y después de la implementación de la unidad didáctica (Aragón et al., 2013).

Modelos explicativos de la célula

Para ampliar la información presentada en el numeral de antecedentes, se puede mencionar que los modelos simplificados e incompletos han sido los más comúnmente observados cuando se refiere a la teoría celular (Barquero, 1995; Camacho et al., 2012). Esta dificultad radica en la apreciación alejada de las dimensiones celulares y las representaciones icónicas de la célula por parte de los estudiantes, las cuales están influenciadas por las imágenes de los libros de texto, como lo exponen Camacho et al. (2012).

En consonancia con esto, los autores basados en la propuesta de Giere (1992), la cual menciona la construcción de familias de modelos para explicar un fenómeno, categorizan los modelos explicativos acerca de la célula eucarionte de la siguiente forma:

- Modelo Hooke: modelo más simple históricamente, se considera la célula como celda, sin estructuras y limitada del exterior.
- Modelo Trevinarus: se reconocen las estructuras generales de la célula y la existencia del medio interno y externo.
- Familia Heinrich: se considera la estructura general de la célula, existencia del medio interno y externo de la célula y su relación en el intercambio de sustancias.
- Familia Brown: se considera la estructura general de la célula, la existencia del medio interno y externo de la célula y su relación en el intercambio de sustancias, así como el núcleo como la principal estructura celular.

En su investigación, los autores exponen la presencia de algunas variaciones en los modelos teóricos, que llevan a la conformación de familias de modelos que guardan algunas relaciones de semejanza, más no de lógica. Camacho et al. (2012) describen dos familias de modelos, Familia Heinrich que reúne los aspectos que tienen que ver con la relación de la célula con el medio y el intercambio de sustancias y la Familia Brown que gira alrededor del núcleo como estructura principal de la célula, reconociendo también los procesos de intercambio.

Ante esto, O'Day (citado por Camacho et al., 2012) identifica el uso de las animaciones tridimensionales como una forma de ayudar a que los estudiantes comprendan la integración y la dinámica de los procesos de la célula.

Se logra entonces el aprendizaje, desde de la construcción de modelos mentales dinámicos y de procesos de reflexión que permiten realizar la comparación entre las ideas de los estudiantes con los modelos de las teorías científicas (Tamayo et. al, 2011). En la unidad didáctica, la epistemología y la filosofía de las ciencias permiten realizar un acercamiento de los estudiantes al conocimiento científico, obtenido por medio de la orientación del docente, el trabajo con textos científicos y prácticas de laboratorio, entre otras (Tamayo, 2013).

5.2.2 El Trabajo En Laboratorio

El laboratorio como espacio que permite un rol especial del estudiante es descrito por Flores, Caballero y Moreira (2009) como aquel que:

...brinda una oportunidad para integrar aspectos conceptuales, procedimentales y epistemológicos dentro de enfoques alternativos, que pueden permitir el aprendizaje de los estudiantes con una visión constructivista a través de métodos que implican la resolución de problemas, los cuales le brindan la experiencia de involucrarse con los procesos de la ciencia y alejarse progresivamente de la concepción errónea del mal denominado y concebido método científico. (p. 103)

Dicho lo anterior, Crujeiras y Jiménez-Alexandre (citados por Ansón y Bravo, 2017) presentan las prácticas de laboratorio como un recurso adecuado para conseguir hacer ciencia, ya que permite a los alumnos decidir qué hacer y cómo. El hacer ciencia conlleva a centrarse en procesos como formulación de preguntas, recolección y análisis de datos o la obtención de conclusiones a base de pruebas (Ansón y Bravo, 2017).

Conforme a esto, los estudios de Séré (citado por Flores et al., 2009) han revelado que: el conocimiento conceptual/teórico debe estar presente en todo el trabajo de laboratorio y su efectividad radica en aplicarlo, por lo que es necesario comenzar a ver la teoría al servicio de la práctica; los métodos, procedimientos y destrezas no deben ser un pretexto para enseñar conocimiento teórico, mejor, el conocimiento procedimental se debe usar como herramienta para generar autonomía en trabajos abiertos y proyectos; y el logro de

objetivos epistemológicos para el desarrollo de una visión adecuada de la ciencia requiere contextos particulares y una acción interdisciplinaria.

De igual forma, Séré (citado por Flores et al., 2009) también plantea que hace falta conocer el modo cómo los estudiantes construyen de manera progresiva su propia imagen de la ciencia a través de las tareas que desarrollan en el trabajo práctico; igualmente menciona que diversas investigaciones sugieren realizar adaptaciones en el laboratorio con el fin de alcanzar objetivos epistemológicos específicos en contextos particulares, en virtud de que el conocimiento epistemológico de los estudiantes es dependiente de contextos específicos.

Por otro lado, Flores et al. (2009) enuncian que: “Un cambio en la práctica docente en el laboratorio debe implicar esfuerzos orientados a nuevas experiencias en las que se amerita ajustar tiempo, recursos, contenidos didácticos y actitudes para darle al laboratorio el lugar que reclama en el aprendizaje de la ciencia” (p.103). Determinadas actividades de laboratorio contribuyen de manera especial al aprendizaje de distintos tipos de conocimientos, es por esto, que algunos aspectos a considerar en la selección y diseño de un trabajo práctico de laboratorio son qué conceptos, procedimientos, habilidades, técnicas, destrezas y actitudes se pretenden enseñar con el fin de incluir estrategias que favorezcan la enseñanza mediante actividades de investigación (Fernández, 2013).

Ahora, Nieto et al. (citado por Fernández, 2013), resaltan que las actividades de laboratorio constituidas de una forma adecuada tienen el potencial de lograr un cambio efectivo en la estructura de conocimiento de los estudiantes, ya que al identificar las ideas previas y hacer uso de diversas estrategias de aprendizaje que permiten modificar concepciones alternativas, se logran aprendizajes más significativos.

En el trabajo de Fernández (2013) se presenta una propuesta de trabajo práctico de tipo investigativo, la cual fue planteada por Caamaño y que consiste en:

- Una primera clase de 40 minutos (por lo menos) para presentar el trabajo práctico de laboratorio y permitir que los estudiantes conformen grupos, decidan cuál es el procedimiento que van a seguir y qué material necesitan. Lo escriben, lo discuten con el docente y/o compañeros.

- Una segunda clase de 80 minutos o más en el laboratorio para realizar la experiencia, recolectar datos y dar inicio a su análisis.
- Una tercera clase de 40 minutos o más para concluir el tratamiento de los datos, comparar resultados entre los grupos y evaluarlos. También se puede realizar un informe escrito con ayuda del docente y preparar la comunicación oral de los resultados por parte de los grupos y finalizar con la puesta en común.

De este modo, los trabajos prácticos de laboratorio con un enfoque de investigación posibilitan contemplar una mayor variedad de objetivos, teniendo en cuenta las diferencias entre aprender ciencia (adquirir el conocimiento conceptual y teórico); aprender sobre ciencia (desarrollar una comprensión sobre la naturaleza de los métodos de la ciencia y una percepción de las interacciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente) y hacer ciencia (desarrollar habilidades en la investigación científica, así como en la resolución de problemas) (Fernández, 2013).

Así pues, en el campo de la biología, dentro del cual se enmarca el concepto de célula, las prácticas de laboratorio tienen incluidas las actividades en las que los alumnos estudian un fenómeno o estructuras biológicas y manipulan materiales (Puentes y Valbuena, 2010). Su principal característica es que permiten el estudio de los fenómenos biológicos fuera de sus condiciones naturales, específicamente bajo condiciones de laboratorio, aunque no necesariamente implique la ejecución de procesos de experimentación (Puentes y Valbuena, 2010).

Por último, Puentes y Valbuena (2010) describen cinco categorías para el estudio del trabajo práctico en la enseñanza de la biología (en el que se encuentra el trabajo práctico de laboratorio), las cuales son:

- Naturaleza del trabajo práctico en la enseñanza de la biología: se abordan aspectos relacionados con el tipo de actividades que se consideran trabajo práctico, la relación en cuanto a la teoría y la práctica establecida por los docentes y las clases de trabajo práctico que se realizan en las clases de biología.
- Finalidades del trabajo práctico: aborda los objetivos que se pretenden lograr con el desarrollo del trabajo práctico como actividad formativa.

- Aspectos metodológicos del trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: la forma como los docentes realizan los trabajos prácticos. Se tienen en cuenta aspectos como cuándo se hacen, desde qué enfoque son planteados y los roles de cada uno de los participantes.
- Evaluación del trabajo práctico en la enseñanza de la biología: analizar las maneras, instrumentos, finalidades, actores y momentos en los que se evalúan los trabajos prácticos.
- Relación de los trabajos prácticos con los aspectos epistemológicos de la biología y las ciencias: reconocer las relaciones entre los trabajos prácticos de la escuela, y el objeto de estudio de la biología, la manera como se produce el conocimiento biológico y como se procede en la actividad científica.

Es importante mencionar que esta última subcategoría, es decir, la relación de los trabajos prácticos con los aspectos epistemológicos de la biología, es la que se utilizará en la presente investigación dentro de la categoría de prácticas de laboratorio de célula. Se selecciona esta, ya que permite realizar un seguimiento al trabajo realizado por los estudiantes en laboratorio y cómo es planteada la unidad didáctica para que sea una herramienta que fomente el cambio en los modelos explicativos de los estudiantes, pero que también fortalezca sus habilidades en el trabajo práctico de laboratorio.

5.2.3 Estudio De La Estructura Celular

Reconocer el proceso histórico y epistemológico que gira en torno al concepto de la célula es un paso vital para poder identificar los modelos explicativos de su estructura. Alzogaray (2006) citado por Carillo et al. (2011) destaca los aportes de Robert Hooke en 1665 como la primera persona en realizar un hallazgo en la búsqueda de la célula y la analogía con una celda.

Partir de ese primer acercamiento y realizar el recorrido histórico, permite según Schuster (1999) citado por Carillo et al. (2011) identificar la evolución en las ideas, los marcos teóricos, las estrategias metodológicas y sistemas representacionales. Así pues, los estudiantes en el aula podrán identificar que este no ha sido un proceso lineal, sino que está configurado por una serie de altibajos respondiendo al contexto y la cultura de cada autor.

Se presenta entonces el siguiente resumen de Carillo et al. (2011) acerca de la historia de la célula, con la descripción de distintos acontecimientos por año, autor y descripción del concepto relacionado, además se evidencia que científicos como Hooke, Trevinarus, Heinrich y Brown abordaron de manera especial el nivel estructural de la célula y por esto sus modelos son utilizados en la presente investigación.

Tabla 1. Historia de la célula

Año	Científico	Descripción sobre la célula	Concepto relacionado
1665	Hooke (1635-1703)	Observó un trozo de corcho, en el cual había unos huecos, que comparó a un panal de abejas llamándolo “celdilla”	Estructura general
1802	Trevinarus (1779-1864)	Propuso que las células eran entidades reales que se podían aislar de los tejidos de los que formaban parte.	Estructura general
1817	Heinrich (1805-1877)	Los tejidos estaban formados por células individuales que no eran huecas.	Estructura general
1831	Brown (1773-1858)	Redescubrió la presencia de un núcleo dentro de las células vegetales.	Estructura general
1833	Raspail (1794-1878)	Las células toman por aspiración del líquido ambiente los elementos necesarios para su elaboración.	Estructura general e intercambio medio interno-externo
1835	Dujardi (1801-1860)	Descubrió que el sarcoma es un material gelatinoso insoluble en agua, adherente y retráctil	Estructura general
1937	Mohl (1805-1872)	Hizo una buena descripción de la división celular en alga filamentosa <i>spyrogyra</i>	Estructura general y unidad de origen

Año	Científico	Descripción sobre la célula	Concepto relacionado
1839	Schleiden (1804-1881) Schann (1810-1882)	Las células son partes elementales de los tejidos animales y vegetales. No es la membrana la que define la célula, sino una masa de materia viva con su núcleo. Los procesos de nutrición y crecimiento de las células animales y vegetales son similares. Las células se forman a partir de una sustancia amorfa, que crece en todas direcciones, generando primero el núcleo y luego el resto de la célula	Intercambio medio interno- externo, unidad estructural, unidad funcional y unidad de origen.
1850	Virchw (1821 -1902), Remak (1815-1865) Kolliker (1817-1905)	Las células se generan por división de células preexistentes	Unidad de origen
1852	Remak (1815-1865)	Comunicó que en el embrión de anfibio las células se generaban por divisiones sucesivas	Unidad estructural y unidad de origen
1857	Franz Leydig (1821-1908)	Los componentes fundamentales de la célula son la membrana, el contenido y el núcleo.	Estructura general
1858	Virchow (1821-1902)	La célula es una unidad vital que ejercía su influencia sobre el territorio que la rodeaba, además las células se originaban por “divisiones y fragmentaciones”.	Unidad estructural y unidad de origen

Año	Científico	Descripción sobre la célula	Concepto relacionado
1861	Max Schultze (1825-1874)	El conjunto formado por el núcleo y la sustancia homogénea corresponde a una célula	Estructura general
1861	Brucke	La célula está compuesta por organismos más pequeñas que esta	Estructuras principales
1873	Schneider (1898-1924)	Los cromosomas se disponen en el ecuador de la célula para luego distribuirse a los polos	Estructuras generales, principales y unidad de origen
1875	Strarburger (1844-1912)	Los cromosomas se disponen en el ecuador y luego migran a los polos tanto en vegetales como en animales.	Unidad de origen
1875	Hertwig (1850-1937) Van Beneden (1846-1910)	Durante la fecundación se fusionan tanto un núcleo aportado por la madre como por el padre, donde cada uno aporta a la progenie la mitad de su material.	Unidad hereditaria y de origen.
1879	Flemming (1843-1905)	Registró que cada cromosoma se divide longitudinalmente en dos, haciendo que existan dos porciones idénticas en los núcleos hijos.	Unidad hereditaria y de origen.

Fuente: Carrillo et al., (2011, pág. 120-121).

5.2.4 La Célula En Los Derechos Básicos De Aprendizaje (DBA)

Los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) constituyen un conjunto de aprendizajes estructurantes que han de aprender los estudiantes en cada uno de los grados de educación escolar, desde transición hasta once, y en las áreas de lenguaje, matemáticas, ciencias sociales y ciencias naturales (MEN, 2017).

Así, en el área de ciencias naturales y su componente biológico, la célula es un contenido recurrente en los DBA, correspondiendo con lo que algunos autores previamente citados han expuesto; desde el grado quinto se inicia el abordaje explícito del concepto de célula, continuando a lo largo de la básica secundaria, como se ve en la tabla 2 y que representan cerca del 45% de los DBA del área. Para el grado sexto, nivel en el que se propone la presente investigación, el transporte de membrana y los procesos de ósmosis y difusión están en los contenidos asociados. Se debe recordar que, según los antecedentes referenciados, estos temas son los que representan una mayor dificultad para los estudiantes.

Tabla 2. La célula en los DBA

Gra do	DBA	Evidencias de aprendizaje relacionadas
	Comprende que los sistemas del cuerpo humano están formados por órganos, tejidos y células y que la estructura de cada tipo de célula está relacionada con la función del tejido que forman.	Explica la estructura (órganos, tejidos y células) y las funciones de los sistemas de su cuerpo. Relaciona el funcionamiento de los tejidos de un ser vivo con los tipos de células que posee
5°	Comprende que en los seres humanos (y en muchos otros animales) la nutrición involucra el funcionamiento integrado de un conjunto de sistemas de órganos: digestivo, respiratorio y circulatorio.	Explica el camino que siguen los alimentos en el organismo y los cambios que sufren durante el proceso de digestión desde que son ingeridos hasta que los nutrientes llegan a las células. Explica por qué cuando se hace ejercicio físico aumentan tanto la frecuencia cardíaca como la

Gra do	DBA	Evidencias de aprendizaje relacionadas
		<p>respiratoria y vincula la explicación con los procesos de obtención de energía de las células.</p> <p>Explica el intercambio gaseoso que ocurre en los alvéolos pulmonares, entre la sangre y el aire, y lo relaciona con los procesos de obtención de energía de las células.</p>
6°	Comprende algunas de las funciones básicas de la célula (transporte de membrana, obtención de energía y división celular) a partir del análisis de su estructura.	<p>Explica el rol de la membrana plasmática en el mantenimiento del equilibrio interno de la célula, y describe la interacción del agua y las partículas (ósmosis y difusión) que entran y salen de la célula mediante el uso de modelos.</p> <p>Explica el proceso de respiración celular e identifica el rol de la mitocondria en dicho proceso.</p> <p>Interpreta modelos sobre los procesos de división celular (mitosis), como mecanismos que permiten explicar la regeneración de tejidos y el crecimiento de los organismos.</p>

Gra do	DBA	Evidencias de aprendizaje relacionadas
		<p>Predice qué ocurre a nivel de transporte de membrana, obtención de energía y división celular en caso de daño de alguna de las organelas celulares.</p>
	<p>Comprende la clasificación de los organismos en grupos taxonómicos, de acuerdo con el tipo de células que poseen y reconoce la diversidad de especies que constituyen nuestro planeta y las relaciones de parentesco entre ellas.</p>	<p>Clasifica los organismos en diferentes dominios, de acuerdo con sus tipos de células (procariota, eucariota, animal, vegetal).</p>
7°	<p>Comprende que en las cadenas y redes tróficas existen flujos de materia y energía, y los relaciona con procesos de nutrición, fotosíntesis y respiración celular.</p>	<p>Compara el proceso de fotosíntesis con el de respiración celular, considerando sus reactivos y productos y su función en los organismos.</p>
8°	<p>Analiza relaciones entre sistemas de órganos (excretor, inmune, nervioso, endocrino, óseo y muscular) con los procesos de regulación de las funciones en los seres vivos.</p>	<p>Relaciona el papel biológico de las hormonas y las neuronas en la regulación y coordinación del funcionamiento de los sistemas del organismo y el mantenimiento de la homeostasis, dando ejemplos para funciones como la reproducción sexual, la digestión de los alimentos,</p>

Gra do	DBA	Evidencias de aprendizaje relacionadas
		la regulación de la presión sanguínea y la respuesta de “lucha o huida”.
	Analiza la reproducción (asexual, sexual) de distintos grupos de seres vivos y su importancia para la preservación de la vida en el planeta	<p>Diferencia los tipos de reproducción en plantas y propone su aplicación de acuerdo con las condiciones del medio donde se realiza.</p> <p>Explica los sistemas de reproducción sexual y asexual en animales y reconoce sus efectos en la variabilidad y preservación de especies.</p>
9°	Explica la forma como se expresa la información genética contenida en el – ADN–, relacionando su expresión con los fenotipos de los organismos y reconoce su capacidad de modificación a lo largo del tiempo (por mutaciones y otros cambios), como un factor determinante en la generación de diversidad del planeta y en la evolución de las especies.	<p>Interpreta a partir de modelos la estructura del ADN y la forma como se expresa en los organismos, representando los pasos del proceso de traducción (es decir, de la síntesis de proteínas).</p> <p>Relaciona la producción de proteínas en el organismo con algunas características fenotípicas para explicar la relación entre genotipo y fenotipo.</p>

Gra do	DBA	Evidencias de aprendizaje relacionadas
		Explica los principales mecanismos de cambio en el ADN (mutación y otros) identificando variaciones en la estructura de las proteínas que dan lugar a cambios en el fenotipo de los organismos y la diversidad en las poblaciones.

Fuente: MEN, 2017, pág. 20-32.

5.2.5 Unidad Didáctica

En concreto, Tamayo et al. (2011) describen que el estudio de los conceptos en la didáctica de las ciencias se dirige a establecer su carácter científico o cotidiano, así como a analizar la posible evolución conceptual, como resultado de procesos de enseñanzas enfocados a tal fin; contando entonces los profesores de ciencias con una valiosa herramienta que permite comprender las formas de construcción de los conceptos científicos, su evolución y su *vulnerabilidad* ante los procesos de enseñanza. De igual forma, plantea la necesidad de conocer en profundidad algunos de los posibles procesos seguidos por los alumnos en la construcción de conceptos científicos, sus obstáculos más importantes y sus múltiples transformaciones como resultado de la vida escolar.

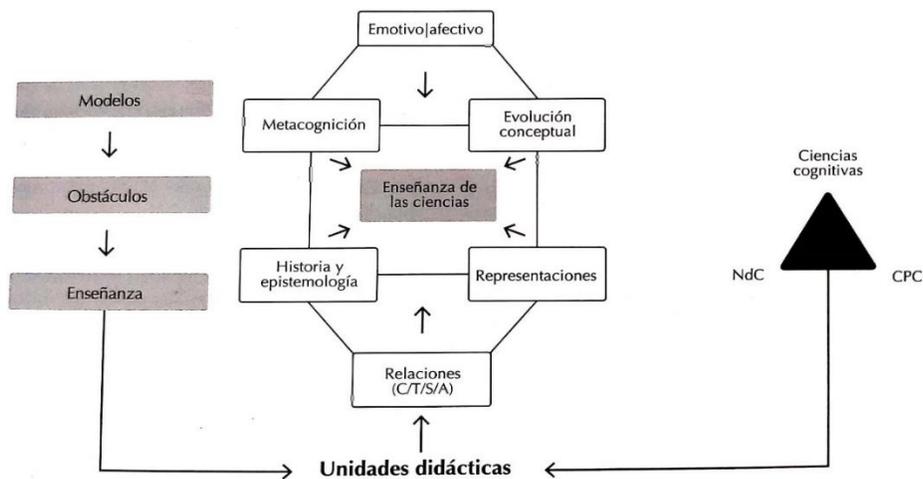
La unidad didáctica, como lo propone Tamayo et al. (2011), es un proceso flexible de planificación de la enseñanza de los distintos contenidos de un campo del saber y que permite construir procesos de aprendizaje en una comunidad determinada. Este proceso flexible de planificación parte, inicialmente, del pensamiento y experiencia del docente, los *conocimientos previos* de los estudiantes, las políticas de educación de la institución y la nación, los recursos disponibles para el desarrollo de la práctica de enseñanza – aprendizaje y la ejecución y evaluación de dicho proceso, además puede variar en función del contexto en el que se desarrolla.

Estos conocimientos o ideas previas de los estudiantes, como componentes de la unidad didáctica, son definidos por Tamayo et al. (2011) a partir del planteamiento de otros autores, como:

...aquellos conceptos que traen los estudiantes antes de adquirir un conocimiento formal; entendido este último, como el conocimiento que abarca el talento y comprensión de los conceptos científicos...éstas no deben considerarse como ideas erróneas; por este motivo, es importante que el maestro entienda las ideas que tiene el estudiante, porque dichas ideas son diferentes de las establecidas por el conocimiento científico y hay que indagar su origen y planear nuevas estrategias para modificarlas (p.109).

Orrego, Tamayo y Ruíz (2016) hacen énfasis en que una unidad didáctica generalmente tiene por finalidad conocer los modelos explicativos que los estudiantes expresan, identificar obstáculos de diferente naturaleza en el proceso de aprendizaje y proponer actividades orientadas a alcanzar los aprendizajes esperados. Para estos autores, la unidad didáctica se constituye como un punto de partida del proceso de enseñanza y allí convergen aspectos como la motivación, la evolución conceptual, la epistemología, la metacognición y los modelos explicativos de los estudiantes. Esto se ve resumido en la siguiente figura:

Figura 1. Modelo conceptual para la enseñanza de las ciencias



Fuente: Orrego et al., 2016, pág. 25

6 METODOLOGÍA

6.1 TIPO DE ESTUDIO Y ALCANCE

El presente proyecto de investigación se ubicó bajo un enfoque *cualitativo*, que según Hernández et al. (2006) se basa en métodos de recolección de datos no estandarizados. De acuerdo a lo presentado por el autor, en este enfoque no se lleva a cabo una medición numérica y la recolección de los datos consiste en obtener las perspectivas y puntos de vista de los participantes (emociones, experiencias, significados y otros aspectos subjetivos). Para comprender mejor, Todd (citado por Hernández et al., 2006) afirma que, en una investigación de tipo cualitativo, el investigador pregunta cuestiones generales y abiertas, obtiene datos expresados a través del lenguaje escrito, verbal y no verbal, así como visual, los cuales describe y analiza.

Así mismo, dentro de este enfoque investigativo, el presente estudio se clasificó como de tipo *descriptivo*; dado su propósito de realizar descripciones rigurosas de fenómenos presentes en una población o situación en particular. Este propósito se relaciona con lo planteado por Aguirre y Jaramillo (2015) para este tipo de estudios y con el objetivo general propuesto.

6.2 POBLACIÓN Y CONTEXTO

La investigación se desarrolló en la institución educativa San Víctor, del municipio de Supía, Caldas. Este centro poblado, ubicado al noroccidente del departamento de Caldas, se encuentra rodeado por la cordillera occidental y el río Cauca, en una zona de inmensa riqueza aurífera. De ahí el hecho de que la minería y sus actividades asociadas sean uno de los principales renglones económicos de la región.

Dicho plantel educativo se localiza al sur del área urbana del municipio, alrededor de los barrios Popular y Renán Barco, en donde reside un porcentaje importante de personas en condición de vulnerabilidad. La mayoría de familias son disfuncionales y han sufrido las consecuencias del desplazamiento forzado y la violencia; además del azote constante de las redes de microtráfico.

Por otro lado, la institución posee dos sedes, una urbana y otra rural, en esta última solo funcionan los grados de preescolar a quinto. En la sede principal se atienden alrededor de 370 estudiantes, aunque es importante mencionar que la región, como consecuencia de la actividad minera, posee una elevada tasa de población flotante.

Finalmente, se precisa que el modelo pedagógico institucional se enfoca hacia el aprendizaje activo y propende que los estudiantes sean protagonistas de sus propios procesos en el aula y que contribuyan con el desarrollo de sus familias y su comunidad.

6.3 UNIDAD DE TRABAJO

Se seleccionaron cuatro (4) estudiantes del grado sexto de la institución educativa San Víctor que, durante el tiempo de aplicación de la Unidad Didáctica, pudieran conectarse de manera virtual a todas las sesiones. Esta unidad de trabajo se planteó de acuerdo al grado en el que se profundiza el estudio de la estructura celular y el intercambio de sustancias, además se resalta que en el grado quinto ya han tenido un primer acercamiento alrededor del concepto de célula, lo que puede aportar en sus modelos explicativos iniciales.

Para mayor especificidad, la población estudiantil incluida en la unidad de trabajo tiene edades que oscilan entre los 11 y 13 años y es objeto de estudio de las categorías de investigación durante un tiempo y espacio previamente establecidos.

6.4 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Debido a que la presente investigación tiene la participación de menores de edad, se realizó socialización con los acudientes y directivos de la institución, con el fin de explicar los propósitos del estudio y dar a conocer los alcances de este. De igual forma, se autorizó por parte de los acudientes, mediante consentimientos informados (Anexo 2), el uso y reproducción de la información e imágenes.

Se aclara que en los resultados y análisis no se dan a conocer los nombres originales de los estudiantes participantes.

6.5 UNIDAD DE ANÁLISIS

En la presente investigación se abordaron las siguientes categorías y subcategorías de análisis:

Tabla 3. Categorías y subcategorías de análisis

Pregunta de investigación		
¿De qué manera cambian los modelos explicativos sobre la estructura celular, a través de prácticas de laboratorio con elementos de uso común, en estudiantes de sexto grado?		
Objetivo general		
Describir el posible cambio de los modelos explicativos sobre la estructura celular eucarionte, a través de prácticas de laboratorio con elementos de uso común, en estudiantes de sexto grado		
Categorías	Subcategorías	Indicadores
Modelos explicativos de célula (Camacho et al., 2012)	Modelo Hooke	Se considera la célula como celda, sin estructuras y limitada del exterior.
	Modelo Trevinarus	Se reconocen las estructuras generales de la célula y la existencia del medio interno y externo.
	Familia Heinrich	Se considera la estructura general de la célula, existencia del medio interno y externo de la célula y su relación en el intercambio de sustancias.
	Familia Brown	Se considera la estructura general de la célula, la existencia del medio interno y externo de la célula y su relación en el intercambio de sustancias, así como el núcleo como la principal estructura celular

Pregunta de investigación

¿De qué manera cambian los modelos explicativos sobre la estructura celular, a través de prácticas de laboratorio con elementos de uso común, en estudiantes de sexto grado?

Objetivo general

Describir el posible cambio de los modelos explicativos sobre la estructura celular eucarionte, a través de prácticas de laboratorio con elementos de uso común, en estudiantes de sexto grado

Categorías	Subcategorías	Indicadores
La célula en el laboratorio (Adaptado de Puentes y Valbuena, 2010)	Relación con los aspectos epistemológicos de la biología	Reconocer las relaciones entre los trabajos prácticos de la escuela, y el objeto de estudio de la biología, la manera como se produce el conocimiento biológico y como se procede en la actividad científica. Nota: Se estableció como producto del análisis de la información obtenida.

Fuente: Elaboración propia

6.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

A continuación, se presenta los instrumentos y herramientas que se utilizaron para recolectar la información de la presente investigación. Dichos instrumentos y herramientas fueron previamente validados por expertos de la maestría en Enseñanza de las Ciencias en los distintos módulos del programa y sometidos a pilotaje con estudiantes del grado séptimo de la Institución Educativa San Víctor, con el fin de evaluar la pertinencia del lenguaje utilizado y de la estructura de las preguntas utilizadas:

Cuestionario para indagar modelos explicativos iniciales (CMEI): Este instrumento de lápiz y papel se construyó partiendo del enfoque de la investigación, las características fundamentales que presentan cada uno de los modelos explicativos de estructura celular, el contexto de la institución educativa y los recursos disponibles. El cuestionario estuvo compuesto de preguntas abiertas, en las cuáles el estudiante debía justificar sus respuestas

además se incluyeron preguntas en las cuales se le solicitaba al estudiante responder por medio de dibujos. (Anexo 1). En el CME1, cada pregunta buscó indagar un modelo explicativo de célula y el nivel de afinidad que el estudiante tenía con él, esto por medio del análisis de contenido de las respuestas; dicho proceso se puede evidenciar en la siguiente tabla:

Tabla 4. *Relación preguntas-modelos en el CME1*

Pregunta	Modelo
1	Hooke
2	Hooke - Trevinarus
4	Trevinarus
5	Heinrich
6	Heinrich
7	Brown
3	<i>Brown</i>

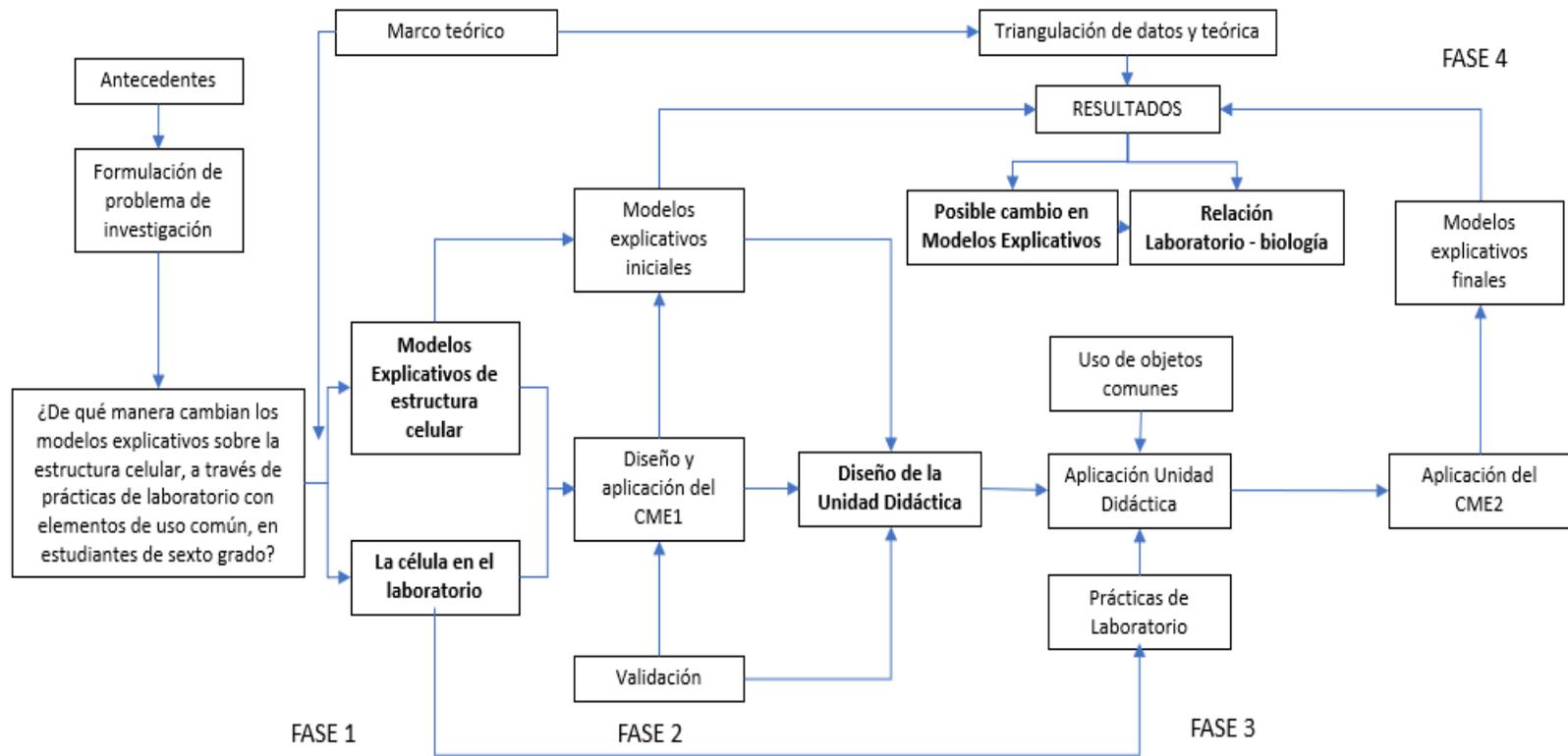
Fuente: Elaboración propia

Cuestionario para indagar modelos explicativos finales (CME2): Finalmente se aplicó el mismo instrumento del inicio de la investigación con el fin de comparar los resultados y determinar el posible cambio en los modelos explicativos de los estudiantes (Anexo 1). Se establecieron de nuevo las relaciones entre las respuestas dadas y los indicadores de las subcategorías de modelos explicativos de célula, haciendo uso de la Tabla 4.

6.7 DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de la investigación, se estableció el siguiente diseño metodológico, el cual constó de cuatro fases y que se puede detallar en la Figura 2

Figura 2. Diseño metodológico



Fuente: Elaboración propia

Fase 1: Desde la línea de investigación de ciencias naturales de la maestría en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad Autónoma de Manizales, se analizó el problema de investigación y sus antecedentes, con el fin de establecer la pregunta de investigación. Posteriormente se realizó la consulta de fuentes bibliográficas para construir el marco teórico, respondiendo a las categorías de análisis establecidas y se construyó la metodología a aplicar.

Fase 2: Teniendo en cuenta las categorías y subcategorías, además del contexto de la institución educativa, se diseñó el instrumento inicial CME1; este fue validado por expertos de la maestría y sometido a pilotaje con estudiantes de séptimo grado de la misma institución. Luego, fue aplicado a los estudiantes de sexto grado, quienes hacen parte de la unidad de trabajo del presente estudio y de acuerdo a sus respuestas, los indicadores de las subcategorías y la técnica de análisis del contenido, fueron clasificados en un modelo explicativo de estructura celular.

Fase 3: Ahora, con base en esos modelos explicativos iniciales y los aportes teóricos de la categoría de la célula en el laboratorio con sus subcategorías de análisis, se diseñó la unidad didáctica de enseñanza de la célula en laboratorio haciendo uso de elementos de uso común para los estudiantes. La unidad didáctica fue validada por expertos de la maestría y luego de los ajustes correspondientes se aplicó de manera virtual a los estudiantes. Al finalizar su aplicación se solicitó al alumnado que respondiera de nuevo el CME y utilizando la misma metodología inicial, se clasifican los modelos explicativos presentes en las respuestas del cuestionario.

Fase 4: Finalmente, se sistematizaron los resultados, se realizó el proceso de triangulación de la información y triangulación con el marco teórico y se estableció el posible cambio en los modelos explicativos de los estudiantes y su relación con el estudio de la célula desde el laboratorio por medio de la relación con los aspectos epistemológicos.

6.8 PLAN DE ANÁLISIS

Con el fin de realizar un óptimo análisis de la información, se propuso la siguiente ruta o plan, partiendo de las respuestas dadas por los estudiantes en los distintos instrumentos de recolección de la información:

Primero se *transcribieron* las respuestas de los estudiantes, respetando la ortografía y puntuación que utilizan en los instrumentos CME1 y CME2. Así mismo con las respuestas dadas en las actividades evaluativas de la Unidad Didáctica.

Luego, se *sistematizó* la información por medio de matrices cualitativas elaboradas en Excel y que relacionan las preguntas y las respuestas. Para una mayor dinamización en la presentación de resultados y en los análisis planteados, se utilizó la siguiente codificación:

Tabla 5. Codificación de la información

Código	Significado
CME	Cuestionario Modelos Explicativos
CA	Cuestionario actividades de la Unidad Didáctica
DO – RE – MI – FA	Pseudónimos utilizados para identificar a los estudiantes
R	Respuesta

Fuente: Elaboración propia

Así, en el caso del código CME1DOR2, se entenderá que se está haciendo alusión a la respuesta dada a la pregunta número 2, por parte del estudiante DO, en el cuestionario de modelos explicativos número 1 o inicial.

Posteriormente se *analizaron los resultados* a través de la técnica de análisis del contenido, identificando palabras representativas que dan cuenta de los modelos explicativos de estructura celular eucarionte. El análisis del contenido, según Fernández (2002), identifica determinados componentes escritos como lo son: letras, sílabas, palabras, frases, párrafos, símbolos, etc. y su clasificación bajo la forma de variables y categorías para la explicación de fenómenos sociales bajo investigación; por esto se utilizó en el presente estudio.

Finalmente, se llevó a cabo la *triangulación hermenéutica*, donde se siguieron las recomendaciones de Cisterna (2005) respecto a: selección de información obtenida de acuerdo a su pertinencia y relevancia; triangulación de la información por cada estamento,

agrupando las respuestas relevantes de los estudiantes en el CME por tendencias;
triangulación de información entre estamentos, que están constituidos por los estudiantes
participante de la investigación y la triangulación con el marco teórico.

7 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Teniendo como referencia los instrumentos aplicados y las actividades realizadas durante el desarrollo de la investigación, a continuación, se realiza el análisis de la información recolectada. Es importante mencionar que este análisis se plantea a la luz de los modelos explicativos de estructura celular que presentan los estudiantes de grado sexto de la I.E. San Víctor, y los posibles cambios que estos modelos pueden tener gracias a la aplicación de prácticas de laboratorio y que permitan evidenciar una movilización a nuevos conocimientos.

7.1 MODELOS EXPLICATIVOS DE ESTRUCTURA CELULAR Y SU RELACIÓN CON LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON ELEMENTOS DE USO COMÚN

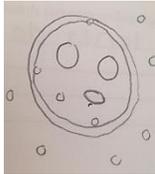
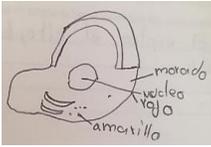
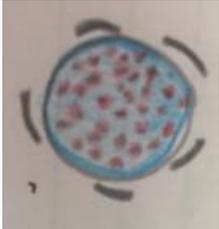
Para llevar a cabo este análisis, se presentan las respuestas dadas por lo estudiantes a cada instrumento de recolección de información, un análisis individual por medio de la técnica de análisis del contenido, las consideraciones generales del instrumento aplicado y su relación con los aportes de los referentes teóricos:

7.1.1 Caracterización De Los Modelos Explicativos Iniciales Asociadas A La Estructura Celular Eucarionte.

Para la categoría de Modelos Explicativos de célula, se toma como referente Camacho et al. (2012), basado en la propuesta de Giere; quien organiza los modelos explicativos acerca de la célula de la siguiente forma: Modelo Hooke, Modelo Trevinarus, Familia Heinrich y Familia Brown, de acuerdo a las consideraciones presentadas en el numeral 4.5, donde se explica cada una de las subcategorías. Así pues, se busca identificar dichos modelos en los estudiantes por medio del CME1, que consta de siete (7) preguntas abiertas y es aplicado a estudiantes de grado sexto, de los cuales cuatro (4) son seleccionados para el estudio de caso; estos estudiantes son nombrados como DO, RE, MI y FA.

En dicho instrumento, se indaga a los estudiantes sobre sus conocimientos previos alrededor de la estructura de la célula eucarionte, con preguntas relacionadas con las distintas subcategorías de los modelos explicativos de célula eucarionte.

Tabla 6. Respuestas al CME1

Pregunta CME1	DO	RE	MI	FA
R1	“Lo podemos tomar la foto por medio de un microscopio y cuando se pueda ver bien le tomamos la fotografía”	“cojo un microscopio y coloco la célula y por medio del lente coloco el teléfono y tomo la fotografía”	“llo vendría al colegio y pideria permiso y luego cojo el lente más largo y ago suavemen y raspo la piel y la miro en el microscopio y si es celula le tomo la foto”	“yo se la tomo la foto con un microscopio y le tomo la foto”
R2	“Se veria partes chiquitas y grandes y de color morado y amarillo y formas como un bola”	“Se ve verde la forma es como medio aplastada e puede ver con el nucleo, las ribosoma, el sitoplasma”	“bueno llo creo que es ovalada y tridimensional. y varios colores y las partes el nucleo y el citoplasma”	“la forma seria con forma de vola y con puntos rojos y de colores de colores como Azul gris ets y la celula tiene partes”
				
R3	“Que la vaca puede tener las”	“que la de la ormiga es mas”	“que no hay ninguna celula es”	“Que la vaca tiene la celula”

Pregunt a CME1	DO	RE	MI	FA
	<i>celulas mas grandes y en las hormigas pequeñas aunque las dos pueden tener pequeñas y grandes”</i>	<i>pequeña que la de la vaca”</i>	<i>celula no hay cambio ni físico de la celula si fuera plantas o asi si tienen diferencia pero talvez puede tener la vaca mas celulas que la hormiga””</i>	<i>mas grande y la hormiga mas pequeña y tienen diferentes formas”</i>
R4	<i>“podríamos tener de vecinos nucleo”</i>	<i>“los vecinos serian las partes de la celula y nos podríamos encontrar liquido a nuestro alrededor”</i>	<i>“Bueno el nucleo el citoplasma la membrana.”</i>	<i>“Cuando usted dentro a la celula puede ver la malloria de celulas”</i>
R5	<i>“noce podría ser al cuerpo”</i>	<i>“le pido ayuda al nucelo”</i>	<i>“Me comunicaría el nucleo que el jefe de la celula sin el nucleo no funcina la celula.”</i>	<i>“si una celula tiene una emergencia se comunica con otra celula para que la ayude”</i>
R6	<i>“les diria primero la vean y la analicen bien”</i>	<i>“ella se va comer a ustedes y por medio de ella pueden entrar”</i>	<i>“que entraran por la membrana pues pienso yo”</i>	<i>“hacer que una celula selo trague”</i>

Pregunt a CME1	DO	RE	MI	FA
R7	“para mandar las celulas y que trabajen bien y el nombre”	“si tiene un jefe el jefe se encargaria de mandar, el jefe es el nucleo”	“Pues los jefes seria 1 el cerebro 2 el corazón 3 3 las celulas madres o entre ellas mismas”	“sirve para cuidarla”

Fuente: Elaboración propia

7.1.1.1 Estudiante DO.

El estudiante denominado DO, presenta una tendencia a ubicarse en el modelo de Hooke, ya que en sus respuestas se identifican algunos marcadores discursivos que se pueden relacionar con dicho modelo. Así, por ejemplo, en la CME1DOR2 presenta lo siguiente: “*Se veria partes chiquitas y grandes y de color morado y amarillo y forma como una bola*”, dando a entender que la célula se encuentra sin estructuras y limitada del exterior con una forma circular; esto se confirma con el dibujo elaborado en esa misma respuesta.

La forma que el estudiante DO alude, según Paz (2019), responde a la uniformidad del alumnado para representar la célula y su economía discursiva al momento de brindar explicaciones al respecto, además desde la propia experiencia docente, se puede decir que es la que más utilizan los estudiantes para referirse a dicha unidad biológica.

Por su parte, en la CME1DOR5 se le indaga acerca del intercambio de sustancias y el estudiante responde: “*noce podría ser al cuerpo*”; aquí muestra un desconocimiento alrededor de los procesos de interacción celular y se limita únicamente a la relación con el medio, pero no de una forma clara. Esto se confirma con su respuesta CME1DOR6, donde no se evidencia entendimiento de la forma en la que ingresan sustancias a la célula.

Y finalmente, el estudiante DO reconoce el carácter microscópico de la célula, el cual está relacionado con los estudios de Hooke, esto apoyado en la CME1DOP1: “*Lo podemos tomar la foto por medio de un microscopio...*”.

7.1.1.2 Estudiante RE.

De igual forma, el estudiante RE también hace referencia a la visión microscópica de la célula, por medio de la respuesta CME1RER1: “*cojo un microscopio y coloco la célula y por medio del lente...*”, pero con las otras preguntas del instrumento se evidencia que va más allá del modelo de Hooke y de sus consideraciones. Así pues, el estudiante reconoce algunas estructuras importantes de la célula eucarionte como lo son el núcleo, los ribosomas y el citoplasma, además en su dibujo, a pesar de que no las señala, se observan otras estructuras como lo son el nucléolo y el retículo endoplásmático; esto se refleja en su respuesta a la pregunta CME1RER2, en donde menciona: “*Se ve verde la forma es como medio aplastada se puede ver con el nucleo, los ribosoma, el sitoplasma*”

También, el estudiante RE menciona un líquido que se encuentra alrededor de las células, el cual se puede relacionar con el líquido intersticial o medio interno y esto lo hace por medio de su respuesta CME1RER4 en donde se le indaga acerca de lo que se podría encontrar alrededor de las células: “*los vecinos serian las partes de la celula y nos podríamos encontrar liquido a nuestro alrededor*”. Dado esto, se podría afirmar que el estudiante presenta una tendencia a ubicarse en modelo Trevinarus, pues tiene presentes algunas estructuras celulares, su distribución y la presencia de un medio interno, pero en sus otras respuestas no profundiza en el intercambio de sustancias y la comunicación celular, contenidos que para Camacho et al. (2012) son los de mayor dificultad y que se confirma con el transcurrir diario de las actividades de aula.

7.1.1.3 Estudiante MI.

Mientras tanto, el estudiante MI reconoce el carácter microscópico de la célula, pero su modelo explicativo es incompleto y confuso (Rodríguez y Moreira, 1999) y presenta algunas características que se relacionan con el modelo Trevinarus y otras con el modelo Heinrich; por lo que podría darse una tendencia hacia un modelo emergente que se llamará a partir de este momento *Modelo Intermedio TH*. Dicho modelo, reconoce que las células poseen estructuras con ciertas funciones importantes para los procesos celulares, pero no hay una referencia concisa hacia la presencia de un medio interno y externo, ni se especifican los procesos dados durante el intercambio de sustancias.

Lo anterior, se sustenta en las respuestas dadas por el estudiante en el instrumento inicial, en donde menciona: “...y las partes el nucleo y el citoplasma” para responder a la pregunta CME1MIR2, así mismo, más adelante hace referencia a la membrana celular y su función en los procesos de adsorción de nutrientes; esto a partir de la respuesta y CME1MIR6: “que entraran por la membrana pues pienso yo”, pero sin detallar en los procesos de comunicación a nivel celular.

7.1.1.4 Estudiante FA:

Caso similar se halla con el estudiante FA, quien reconoce el carácter microscópico de la célula, pero presenta en sus respuestas algunos marcadores discursivos que pueden relacionarse con los modelos de Trevinarus y Heinrich, por lo que se ubica también en el modelo Intermedio TH. En el caso del estudiante FA, él reconoce que la célula posee algunas estructuras, a pesar de no mencionar sus nombres, como se puede ver en la respuesta CME1FAR2: “...y la celula tiene partes” y en su dibujo, muestra una serie de puntos rojos dentro de la célula, haciendo alusión posiblemente a esas partes o estructuras.

Pero también, se acerca a los procesos de intercambio de sustancias, al aludir la comunicación célula a célula en su respuesta a la pregunta CME1FAR5: “...se comunica con otra celula” y a los procesos de adsorción de nutrientes, aunque de acuerdo a Edelsztein y Galagovsky (2020), en este tipo de respuestas aún existe una posible deducción errónea de la manera por la cual las células realizan procesos de comunicación.

7.1.2 Consideraciones De Aplicación Del CME1

Del total de estudiantes analizados, uno (1) se ubica en el modelo Hooke, el más básico, dos (2) en el modelo Intermedio TH, un modelo emergente que relaciona algunas partes y procesos de la célula, alejándose de la visión de esta unidad como una celda sin estructuras que brinda el modelo de Hooke y uno (1) en el modelo Trevinarus.

En la tabla 7, se puede observar la tendencia de ubicación de cada estudiante alrededor de determinado modelo explicativo, determinando que el estudiante DO se ubica en el modelo Hooke, el estudiante RE en el modelo Trevinarus y los estudiantes MI y FA en el

modelo emergente TH. Cada pregunta del CME1 indaga alrededor de un modelo explicativo, si la respuesta no corresponde al modelo se indica Null.

Tabla 7. Resultados CME1

CME1	DO	RE	MI	FA
R1	Hooke	Hooke	Hooke	Hooke
R2	Hooke	Trevinarus	Trevinarus	Trevinarus
R4	Null	Trevinarus	Null	Null
R5	Null	Null	Null	Heinrich
R6	Null	Null	Heinrich	Null
R7	Null	Null	Null	Null
R3	Null	Null	Null	Null
MODELO	Hooke	Trevinarus	Intermedio TH	Intermedio TH

Fuente: Elaboración propia

La aparición de modelos emergentes es una situación que algunos autores como Camacho et al. (2012) y Paz (2019) consideran dentro de sus investigaciones en la categoría de modelos explicativos de la célula, ya que, al momento de realizar actividades prácticas, las respuestas dadas por algunos estudiantes pueden reconocer parcialmente los postulados de uno y otro modelo, por lo que no se puede asumir que se ubican en un determinado modelo, sino en una mezcla de dos o más de ellos. Eso precisamente sucedió, como se mencionó con anterioridad, con los estudiantes MI y FA, quienes reconocen la existencia de distintas estructuras celulares (M. Trevinarus) y la comunicación entre células (M. Heinrich), pero no profundizan en la existencia del medio interno y externo de ellas.

En las respuestas a las otras preguntas del CME1, que buscan indagar los modelos explicativos más avanzados como Familia Heinrich y Brown, se puede observar que las concepciones de los estudiantes se encuentran alejadas de lo presentado para estos modelos. Así pues, ya se ha podido establecer que el estudiante RE identifica algunas estructuras generales de la célula y la existencia de un medio interno y externo, pero al indagarle

acerca del intercambio de sustancias y la importancia del núcleo, no existe una relación con los indicadores de estas subcategorías.

Camacho et al. (2012), resaltan el hecho de que las apreciaciones de célula en los estudiantes generalmente están alejadas de las dimensiones celulares y se ven influenciadas por los libros de texto. Esto se evidencia en los resultados encontrados en la aplicación del CME1, en donde los modelos más básicos fueron a los que los estudiantes se acercaron con sus respuestas; una célula aislada, como generalmente es presentada en los libros, sin ninguna conexión con las otras. Un buen manifiesto de esto, se puede encontrar en los dibujos realizados por los estudiantes RE y MI en la CME1MIR2, los cuales se asemejan a los prototipos más populares a las cuales también se refiere Clement (2007).

En esta misma línea, Rodríguez et al. (2001), resaltan que estas representaciones externas, generan regularidades en los modos de pensar de los estudiantes alrededor del concepto de célula, lo cual se puede ver reflejado en que la mayoría de estudiantes de la investigación estén cercanos al modelo Trevinarus. Santamaría et al. (2012) también brinda aportes importantes para comprender esta tendencia y es que la experiencia escolar puede desdibujar los modelos científicos y constituirse como un obstáculo epistemológico en la enseñanza del concepto célula.

7.1.3 La Célula En Las Prácticas De Laboratorio Y Su Relación Con Los Modelos Explicativos

La categoría de la célula en el laboratorio aborda las concepciones de Puentes y Valbuena (2010) sobre el trabajo práctico laboratorio y las relaciona con el carácter progresivo de los modelos explicativos, partiendo del hecho de que los cuatro (4) modelos abordados en la presente investigación son considerados de tipo científico. Dado esto, la unidad didáctica formulada busca que el estudiante vaya avanzando dentro de estos cuatro modelos por medio de un trabajo práctico de laboratorio con una metodología, una evaluación y una relación epistemológica con la biología.

Dicha unidad didáctica está constituida por cuatro (4) actividades generales, cada una de las cuales tiene un momento de ubicación, desubicación y reenfoque, además es importante

mencionar que fue aplicada de manera virtual y transversalizada al plan de estudios de Ciencias Naturales para el grado sexto de la I.E San Víctor.

La primera actividad, diseñada para intervenir el modelo Hooke y llevar al estudiante a comprender la metodología del trabajo práctico de laboratorio y su evaluación, permite que el estudiante pueda observar algunas técnicas de análisis celular y reconocer la estructura general de las células eucariontes. Al iniciar la actividad se formulan preguntas del siguiente tipo: ¿cómo cree que se van a observar las muestras en el microscopio?, ¿para qué se va a utilizar azul de metileno en la práctica?; las cuales corresponden al momento de ubicación y cuyas respuestas evidenciaron la concepción que tiene los estudiantes de la célula como la han visto en los libros de texto y que como ya se ha mencionado anteriormente, corresponde con lo establecido por Paz (2019) y otros autores.

En el momento de desubicación, los estudiantes visualizan las células de cebolla y del epitelio bucal. En sus respuestas relacionan lo observado con sus conocimientos previos y mencionan algunas estructuras importantes de la célula y que pueden ser visualizadas en las muestras como el núcleo, citoplasma y membrana o pared celular según sea el caso. Para que finalmente, en el momento de reenfoque, establezcan semejanzas y diferencias entre células animales y vegetales, pero también reflexionen acerca de cómo se ven en realidad las células y empiecen a comprender su estructura; un ejemplo de esto es la CA1RER10: *“me ayudo a entender bien la estructura de las celula y las diferencias entre ellas”*.

Lo anterior, se reafirma con lo presentado por Díaz y Jiménez (1996), quienes presentan las prácticas de laboratorio como medio de superación de dificultades asociadas al escaso conocimiento de la estructura de la célula y que también guarda relación con las siguientes actividades de la unidad didáctica.

En la segunda actividad, cuyo propósito es intervenir el modelo Trevinarus, se busca por medio de prácticas de observación de algas y células sanguíneas, que los estudiantes reconozcan las limitaciones del modelo de Hooke e inicien la comprensión del medio interno y externo de la célula. Así pues, en el momento de ubicación los estudiantes establecen las limitaciones que ellos encuentran en el modelo Hooke, de acuerdo a lo visto en la anterior actividad, por ejemplo, en el caso de CA2FAR1: *“No estoy de acuerdo porque si no tuvieran nucleo no se podían comunicar”*, haciendo alusión al postulado de la

célula como una celda sin estructuras internas; avanzando entonces en esos obstáculos epistemológicos de los que habla Santamaría et al. (2012).

En los momentos de desubicación y reenfoque, se da la reflexión alrededor del medio interno y externo de las células sanguíneas y de las algas. Los estudiantes reconocen la existencia de ambos medios como parte de la estructura celular y los cambios que pueden tener dependiendo de la función de la célula y el ambiente en el que se encuentra; el plasma sanguíneo como medio interno de los glóbulos rojos observados y la solución en la que se hallan las células de las algas como un medio externo, son algunos de los aprendizajes alcanzados por los estudiantes.

Ahora bien, en la tercera actividad se continúa fortaleciendo la concepción de medio interno y externo de la estructura celular, pero con un análisis más cercano a los procesos de intercambio de sustancias correspondientes al modelo explicativo de Heinrich; además de buscar que los estudiantes vayan evidenciando el proceder de la actividad científica como relación epistemológica entre el trabajo práctico y la biología. En el momento de ubicación se les cuestiona sobre los cambios que podrían tener algunas células de flores si se cambian las condiciones del agua que consumen, observándose en las respuestas la aplicación del concepto de medio externo y su relación con el medio interno y la estructura celular, pero también algunas limitantes con respecto a los procesos propiamente definidos para el intercambio de sustancias.

Precisamente, el momento de desubicación los lleva a poder experimentar desde sus propias casas y con las orientaciones del docente, para así precisar en aspectos como la ósmosis y los distintos tipos de medio dependiendo de la concentración de soluto y solvente. Después de realizar la práctica, los estudiantes dan respuestas a las preguntas del cuestionario como CA3RER9: *“si porque ahora entiendo que la celula tiene lado interno y externo y se algunas se comunican por punteaduras y tienen porcesos de ósmosis”,* haciendo referencia a los nuevos aprendizajes obtenidos alrededor de la estructura celular.

Finalmente, en la cuarta actividad, la cual fortalece el modelo Brown y la temática alrededor del núcleo celular, se puede observar que los estudiantes ya presentan un mejor manejo de las habilidades prácticas y pueden establecer relaciones entre lo trabajado en laboratorio y la biología celular. En el momento que se les indaga acerca de la función de la

arena en un proceso de observación de fibras de ADN del hígado de pollo, se obtienen respuestas como la CA4DOR1: *“romper la célula y el núcleo y sacar el ADN”*, o cuando se les pregunta acerca de la importancia del núcleo CA4RER2: *“Porque el contiene toda la información de la célula y las funciones y contiene el ADN”*.

Hasta este punto y sin aplicar el CEM2, es importante destacar que los estudiantes empiezan a utilizar nuevos conceptos, especifican de una mejor manera alrededor de las estructuras internas de la célula y fijan posiciones ante algunos postulados científicos. Esto se encuentra relacionado con los objetivos de una unidad didáctica que presentan Orrego et al. (2016), como lo son el diseño de actividades que permitan lograr los aprendizajes esperados y la identificación de obstáculos de diferente naturaleza.

Teniendo pues en cuenta lo señalado por los distintos autores (Clement, 2007; Camacho, 2012; Paz, 2019; entre otros) respecto a las dificultades de aprendizaje del concepto de célula, lo observado durante las etapas del ejercicio investigativo y lo expresado por los estudiantes durante el desarrollo de esta Unidad Didáctica, se puede señalar que las actividades de laboratorio encaminadas a cambiar la concepción de la célula como una unidad cerrada y limitada del exterior y propender por rescatar su entendimiento dentro de un medio interno y externo, han sido las de mayor impacto. En estas se pueden mencionar, de manera especial, la observación de células sanguíneas y algas (Actividad 2), así como el análisis del proceso de ósmosis en las zanahorias y la coloración de flores (Actividad 3).

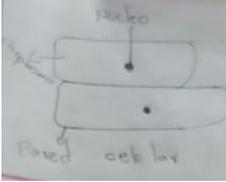
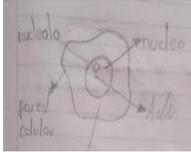
El impacto de estas dos actividades, radica en el hecho de que llevan al estudiante a poder visualizar la célula dentro de un contexto particular, relacionadas entre sí y con una función especial, y no en una forma solitaria como se pudo observar en los dibujos iniciales del CME1. Así pues, la unidad didáctica ayuda a comprender entre líneas que las respuestas dadas por los estudiantes en los distintos cuestionarios se van acercando al modelo Brown, que integra como lo muestra Camacho et al. (2012), las estructuras de la célula, el medio interno y externo, el intercambio de sustancias y el núcleo como estructura principal. Pero la unidad didáctica es una herramienta y no un instrumento de recolección de información, por esto, se realizó aplicación del CME2, del cual se habla a continuación.

7.1.4 Identificación De Los Modelos Explicativos Finales Asociados A La Estructura Celular Eucarionte.

Después de la intervención didáctica, se aplica de nuevo el cuestionario de identificación de modelos explicativos, es decir, que no hay cambio en las preguntas ni en su intencionalidad de evaluar la afinidad de los estudiantes con cada modelo. La aplicación del mismo cuestionario se realiza con base en las recomendaciones dadas por expertos durante el curso de la maestría y el trabajo investigativo de autores como Rodríguez et al. (2001). En el instrumento, se indaga a los estudiantes sobre sus conocimientos finales alrededor de la estructura de la célula eucarionte, con preguntas relacionadas con las distintas subcategorías de los modelos explicativos.

Tabla 8. Respuestas al CME2

Pregunta CME2	DO	RE	MI	FA
R1		<p>“yo usaría tinta azul para que se viera mejor y también usaría un <u>lente</u> que defina bien la célula y tomaría la foto”</p>	<p>“Cojo una muestra de cebolla o de la boca cojemos y lo ponemos en un <u>portaobjetos</u> le echamos tinta juagamos y lo volvemos a poner y le ponemos un <u>cubreobjetos</u> encima lo pongo en el <u>microscopio</u> y le tomo la foto”</p>	<p>“yo pondría el <u>lente el 100x</u> y con una cámara y le pongo colorante a las células para tomarle foto con la cámara””</p>

Pregunt a CME2	DO	RE	MI	FA
R2		 <p data-bbox="662 550 841 835">“y se veria de color azul porque se le echa una tinta azul para que se vea mejor”</p>		<p data-bbox="1192 382 1341 464">“la celula se vería hasi”</p> 
R3	<p data-bbox="448 856 613 1339">“son diferentes porque a una vaca se le pueden desarrollar algunas cosas que a una ormiga no etc.””</p>	<p data-bbox="662 856 841 1087">“las diferencias podrían ser <u>el ADN</u> y las <u>funciones</u> que cumplen”</p>	<p data-bbox="878 856 1125 1192">“la diferencia es el <u>adn</u> por que la celula de la vaca da para pelo cuernos leche la hormiga no tiene eso tiene otras carasteristicas”</p>	<p data-bbox="1154 856 1373 1287">“Son diferentes porque tienen <u>diferente ADN</u> y la vaca algunas le dan para que crezca pelo etc. A la ormiga le da fuerza y resistencia”</p>
R4	<p data-bbox="448 1360 613 1591">“las <u>otras celulas</u> y el <u>liquido</u> y las paredes celulares etc.”</p>	<p data-bbox="662 1360 841 1591">“los vesinos <u>otras celulas</u> y las calles un <u>liquido que es el medio interno</u>”</p>	<p data-bbox="878 1360 1125 1497">“los vecinos son las <u>otras celulas</u> y <u>liquido interno</u>”</p>	<p data-bbox="1154 1360 1373 1497">“las <u>otras celulas</u> abria <u>liquido alrededor</u>”</p>
R5	<p data-bbox="448 1612 613 1749">“con <u>las otras células</u> y con el núcleo”</p>	<p data-bbox="662 1612 841 1791">“se comunicaría por <u>puntaduras</u> si son vegetales”</p>	<p data-bbox="878 1612 1125 1843">“me cominucaria con las <u>otras celulas</u> a punto de <u>puntaduras</u> en celula vegetal”</p>	<p data-bbox="1154 1612 1373 1843">“se comunican por las <u>puntadura</u> y le pidiria ayuda a <u>otra celula</u>”</p>

Pregunt a	DO	RE	MI	FA
CME2				
R6	“la celula <u>absorbe</u> la comida”	“por medio de las <u>osmosis</u> por que asi se <u>absorven</u> algunas sustancias”	“ por la <u>osmosis</u> como sucede con las células de por ejemplo zanaorias que <u>adsorbian</u> los sustancias”	“ellas pueden <u>absorver</u> y ellas no son todas cerradas y por esos espacios puede entrar el aliemento”
R7	“si tendria jefe y se llama <u>nucelo</u> en que todo <u>funcionen</u> todas las <u>cosas</u> ”	“El gefe seria el <u>nucleo</u> por que el es el que <u>tiene</u> el ADN y <u>contine toda la información y cordinación</u> ”	“ <u>el nucleo</u> es el jefe y el se encarga de <u>dirijir la celula y cordinar</u> y tiene nuestra información <u>genetica</u> ”	“Si tiene jefe es el <u>nucleo</u> y se encarga de alimentarse y proteger la <u>célula</u> ”

Fuente: Elaboración propia

7.1.4.1 Estudiante DO:

El estudiante denominado DO, presenta una tendencia a ubicarse ahora en el modelo Trevinarus, ya que en sus respuestas utiliza una mayor conceptualización alrededor de la estructura celular, pero aún se encuentra alejado de los procesos de intercambio de sustancias y la importancia específica del núcleo. El estudiante reconoce en su respuesta CME2DOR2 la existencia de estructuras internas como la membrana plasmática, el citoplasma y el núcleo, apartándose de la concepción previa que presentaba; además, en la CME2DOR4 da a entender que tiene presente la existencia de otras células en los organismos pluricelulares y del líquido intersticial como medio interno: “las otras celulas y el liquido y las paredes celulares etc.”, cuando se le indaga por los vecinos de una célula.

Se considera que no alcanza a ubicarse en el modelo Heinrich, ya que, a pesar de mencionar la absorción por parte de la célula, no profundiza en los procesos de ósmosis ni reconoce la presencia de punteaduras en células vegetales como interrupciones de la pared

secundaria que permiten la comunicación con células vecinas, tal como lo mencionan Dávila y Moncada (2003) en su guía práctica de célula vegetal. De igual forma, no hay alusión al ADN y su presencia en el núcleo celular, postulados importantes del modelo de Brown.

7.1.4.2 Estudiante RE:

Caso contrario se presenta con el estudiante RE, de quien se deduce una tendencia a ubicarse en el modelo Brown. El estudiante reconoce estructuras importantes de la célula como el citoplasma, el núcleo y la pared celular y su representación gráfica se aleja de la presentada en libros de texto y se acerca a su observación propia a través del microscopio; además en la CME2DOR4 menciona directamente la existencia de un medio interno: “*los vecinos otras células y las calles un líquido que es el medio interno”* y lo relaciona con el líquido intersticial.

El estudiante RE admite que se puede presentar comunicación entre células por medio de punteaduras y que el proceso de ósmosis es importante para el intercambio de sustancias con el medio. Esto se evidencia al momento de indagarles acerca de la manera de ingresar a una célula y el responde CM2RER6: “*por medio de la osmosis por que así se absorven algunas sustancias”*. Finalmente, declara la importancia del núcleo como estructura que contiene el ADN y reconoce la diferencia de este ácido nucleico entre organismos cuando se le invita a comparar las células de una hormiga y un elefante.

El estudiante RE es un ejemplo importante de lo que establecen Sanmartí et al. (2002) y es que los trabajos prácticos y el cambio en la forma de ver las cosas permiten que los estudiantes puedan acercarse a los modelos científicos. A pesar de que el estudiante RE no se encontraba el modelo más básico, si pudo avanzar significativamente entre los modelos Trevinarus, Heinrich y finalmente ubicarse en el modelo Brown.

7.1.4.3 Estudiante MI:

Con el estudiante MI se presenta una situación similar, ya que al final de la intervención didáctica presenta también una tendencia a ubicarse en el modelo Brown. El estudiante identifica la pared celular, el núcleo y el citoplasma como las estructuras más importantes

en una célula vegetal y las relaciona por medio de un dibujo donde no se ve una única célula, sino, rodeada de otras. Por esta misma línea, al preguntarle sobre los vecinos de una célula menciona entonces a otras células a la presencia del líquido interno.

También relaciona una de las prácticas desarrolladas en la intervención didáctica en la respuesta CM2MIR6: “*por la osmosis como sucede con las células de por ejemplo zanaorias que adsorbian las sustancias*”, al preguntarle por la forma de ingresar a la célula. El mencionar en su respuesta un ejercicio de laboratorio, lleva a pensar que se puede estar presentando un acercamiento al proceder de la actividad científica y su relación con el trabajo práctico, como lo establecen Puentes y Valbuena (2010).

Pero el estudiante MI no se queda ahí, sino que por medio de sus respuestas CME2MIR7 y R3, identifica en el núcleo como parte de especial importancia en la célula que almacena la información genética y se encarga de la dirección-coordinación de distintas funciones de esta unidad. Así mismo, que el ADN presente en el núcleo define las características hereditarias de los distintos organismos vivos.

El estudiante MI también logra un cambio importante; al inicio de la investigación se encontraba en un modelo explicativo difuso, el cual presentaba características de dos modelos diferentes (Trevinarus-Heinrich) y al final de ubica en el último modelo o más avanzado de los aplicados en esta categoría.

7.1.4.4 Estudiante FA:

Finalmente, el estudiante FA, quien también se ubicaba en el modelo emergente TH, presenta un afianzamiento hacia el modelo Heinrich. En primer lugar, identifica estructuras de la célula como el citoplasma, pared celular, núcleo y nucléolo y las relaciona adecuadamente en su representación gráfica; dicha representación es afín a la morfología que presentan las células del epitelio bucal trabajadas en las prácticas de laboratorio.

Su ubicación en el modelo Heinrich, está dada por su citación del líquido alrededor de las células o líquido intersticial, la presencia de punteaduras en células vegetales como estructura de comunicación y la ósmosis como proceso de intercambio de sustancias y absorción. Esto lleva a deducir que el estudiante afianzó los conocimientos previos que

tenía de medio interno y externo y los pudo ya relacionar con los procesos de transporte e intercambio.

No hubo relación profunda con el modelo Brown, ya que, al preguntarle sobre la importancia del núcleo celular, no hay una referencia concreta a la presencia de cromosomas y ADN almacenados en esta estructura; a continuación, se ve la respuesta CME2FAR7: *Si tiene jefe es el nucleo y se encarga de alimentarse y proteger la célula*”.

7.1.5 Consideraciones De Aplicación Del CME2

De los cuatro (4) de estudiantes analizados, uno (1) se ubica en el modelo Trevinarus, uno (1) en el modelo Heinrich y dos (2) en el modelo Brown, el más avanzado de los utilizados en esta investigación. En el total de estudiantes se presenta un cambio en sus modelos explicativos con respecto a los resultados iniciales y durante el desarrollo de las actividades de evaluación de la unidad didáctica, se presenta un cambio en la conceptualización y la comprensión de la estructura celular eucarionte.

En la tabla 9, se puede observar el cambio del modelo inicial (1) al modelo final (2) para cada estudiante seleccionado. Es importante recordar que cada pregunta del CME2 indaga alrededor de un modelo explicativo, si la respuesta no corresponde al modelo se indica Null.

El cambio en los modelos explicativos de estructura celular, de los estudiantes de la presente investigación, puede fundamentarse en lo expuesto por Clement (2008), quien reconoce que la modelización y la aplicación de herramientas apropiadas pueden permitir evidenciar un cambio en el concepto estudiado por el alumnado. Es decir, la caracterización de los modelos iniciales debe estar acompañada de una intervención didáctica que parta de estos resultados previos y lleve al estudiante a reflexionar y profundizar en su proceso de aprendizaje.

Tabla 9. Resultados CME2

CME1	DO	RE	MI	FA
R1	Hooke	Hooke	Hooke	Hooke
R2	Trevinarus	Trevinarus	Trevinarus	Trevinarus
R4	Trevinarus	Trevinarus	Trevinarus	Trevinarus

CME1	DO	RE	MI	FA
R5	Null	Heinrich	Heinrich	Heinrich
R6	Null	Heinrich	Heinrich	Heinrich
R7	Null	Brown	Brown	Null
R3	Null	Brown	Brown	Null
MODELO	Trevinarus	Brown	Brown	Heinrich

Fuente: Elaboración propia

Habría que decir también, que Marzábal (2012) presenta una concepción similar; para el autor los modelos son importantes al principio y final del ciclo del aprendizaje, dado que el estudiante toma conciencia de su modelo explicativo al inicio, y de los cambios que ha experimentado al final, contribuyendo así a la regulación del aprendizaje. Pero como se puede ver en los resultados de la presente investigación, esto no sucede por igual en todos los participantes.

Los estudiantes RE y MI, quienes se ubicaron en el modelo más avanzado de los utilizados, durante el desarrollo de la investigación se puede decir que presentan una aptitud de curiosidad e interés mayor a la de los otros estudiantes; preguntas extraclase y consultas de qué otras prácticas de laboratorio se pueden hacer desde casa para profundizar en el concepto de célula, son prueba de esto. Aunque es importante mencionar que el trabajo investigativo no profundiza en este aspecto, si se pueden tener en cuenta opiniones como la de Tamayo (2001), pensando los alumnos curiosos como aquellos que demuestran un interés sobre nuevos fenómenos científicos.

Ahora bien, haciendo referencia al estudiante DO, quien se ubicó en el modelo Trevinarus dado su escaso acercamiento con los procesos de intercambio de sustancias, se puede decir que aún persiste una dificultad importante de aprendizaje y que es descrita por Camacho et al. (2012). Los autores reconocen que los aspectos que se relacionan con el medio externo e interno de la célula representan una mayor dificultad, es decir, todo lo que tiene ver con el intercambio de nutrientes y desechos metabólicos. Esto también fue evidenciado durante el desarrollo de la unidad didáctica, pues el concepto de una célula cerrada dado por los prototipos más comunes aún es recurrente (Clement, 2007).

Pero al hacer mención de estos prototipos, también se puede aludir el cambio en los gráficos de célula que presentan los estudiantes durante la intervención didáctica. En el CME1 se observan en su mayoría dibujos imitativos de lo presentado comúnmente en los libros de texto, pero en el desarrollo de los cuestionarios de la unidad didáctica y del CME2, estos dibujos se acercan a lo que ellos mismo pueden observar de distintos tipos de células a través del microscopio. Esto lleva a traer a colación a lo formulado por Noy (2011) y Sanmartí et al. (2002) y es la importancia de un aprendizaje experimental como ruta para acercarse a los modelos científicos.

Así pues, este cambio descrito en los modelos explicativos de los estudiantes por medio de las prácticas de laboratorio, corresponde a la mirada de autores como Martins et al. (2019) y Barra et al. (2020), quienes consideran que el abordaje de los conceptos biológicos abstractos desde su integración en forma gradual con aspectos de la misma que son concretos y observables, contribuye a que los estudiantes logren un aprendizaje integrado; además, proporciona un mayor interés y motivación por los contenidos.

8 CONCLUSIONES

Partiendo de la caracterización y del análisis realizado de los modelos explicativos y de la célula en el laboratorio, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

Se identifican obstáculos de aprendizaje alrededor de la estructura celular que lleva a que los estudiantes se ubiquen inicialmente en los modelos explicativos más básicos. La idea de la célula como una celda sin estructuras o la concepción dada por los gráficos de los libros de texto son recurrentes en las respuestas de los estudiantes, llevando a que se generen modelos simplificados e incompletos (Barquero, 1995).

La aparición de modelos emergentes, que integren de manera difusa los postulados de uno y otro modelo, es una situación reiterada cuando se realizan actividades de modelización en el aula y pudo verse reflejada en el desarrollo de la investigación. Es necesario su análisis independiente con el fin de identificar de manera clara las características que presenta el estudiante alrededor del concepto trabajado.

Durante la intervención didáctica, el trabajo práctico en laboratorio permite generar espacios metodológicos, de evaluación y de entendimiento de cómo se procede en la actividad científica que llevan a generar un cambio en los conceptos utilizados por los estudiantes para describir la estructura celular y en la manera en que reconocen su morfología. El identificar los modelos explicativos iniciales y los obstáculos de aprendizaje permite planear actividades de laboratorio que intervengan de manera apropiada y fortalezcan las habilidades científicas escolares.

Las actividades de laboratorio enfocadas a cambiar la concepción de la célula como una unidad cerrada y limitada del exterior como fueron la observación de células sanguíneas y algas, así como el proceso de ósmosis en las zanahorias y la coloración de flores, tuvieron un mayor impacto en el cambio de modelos explicativos de los estudiantes. Esto se puede evidenciar por medio de los resultados del CME2y se relaciona directamente con las dificultades de aprendizaje más recurrentes observadas en el aula y descritas por diversos autores,

Al final de la intervención didáctica, los estudiantes presentan un cambio positivo en sus modelos explicativos iniciales que lleva a pensar en la pertinencia de las actividades

planteadas. Los estudiantes acompañan sus respuestas con dibujos cercanos a lo que observan experimentalmente y conceptualizaciones propias de la estructura celular; además de reconocer procesos de intercambio de sustancias y la existencia del medio interno y externo, las cuáles son las dificultades a aprendizaje más documentadas alrededor del concepto trabajado (Camacho et al, 2012 – Paz, 2019).

9 RECOMENDACIONES

Exhortar a los compañeros docentes a utilizar la modelización en ciencias, como estrategia didáctica que permite reconocer e identificar obstáculos de aprendizaje, características propias del estudiante y del contexto y oportunidades de investigación en el aula. Cualificar las prácticas docentes y hacer uso de los recursos que aporta la didáctica como ciencia, debe ser un objetivo común del sector.

Es necesario que en futuras investigaciones se profundice en los laboratorios de ciencias virtuales, ya que, dadas las condiciones actuales y las tendencias de la educación, cada día se hacen más pertinentes. En la investigación se presentó cierta dificultad de aplicación de las actividades de laboratorio, debido a la pandemia del COVID-19, recurriendo a encuentros sincrónicos y material audiovisual para que los estudiantes pudiesen participar de manera práctica.

La conectividad a internet en pleno siglo XXI continúa siendo una dificultad recurrente en distintos sectores del país; esto limitó la participación de más estudiantes en el proceso investigativo y la obtención de un mayor número de resultados que llevaran a establecer tendencias estadísticas. Es deber del sector gubernamental en articulación con los entes territoriales exterminar esta brecha.

El empleo de elementos de uso común para acercar a los estudiantes a algunos conceptos o fenómenos trabajados en ciencias, debe seguir siendo una herramienta importante en el aula. Esto, acompañado de un fortalecimiento de las habilidades científicas escolares, puede repercutir en mejores procesos de aprendizaje.

Es importante que se continúen realizando investigaciones, que permitan identificar las razones por las que algunos estudiantes no tienen un cambio significativo en sus modelos explicativos y se puedan establecer herramientas que propendan una mayor reflexión e interacción del estudiante y el concepto trabajado.

10 REFERENCIAS

- Agudelo, J. H. P. (2019). Dándole sentido a la célula. *Revista de educación y pensamiento*, 26, 87-104.
- Aguirre, J.C. y Jaramillo, J.G. 2015. El papel de la descripción en la investigación cualitativa. *Cinta moebio*, 53, 175-189.
- Aliberas, J., Gutiérrez, R. e Izquierdo, M. (1989) Modelos de aprendizaje en didáctica de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 9.
- Ansón, J.A., y Bravo, B. (2017). Resultados e implicaciones de una propuesta para promover el desarrollo de las destrezas científicas en el aula de Biología de bachillerato. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 132-151.
- Aragón, M. M., Oliva, J. M., y Navarrete, A. (2013). Evolución de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico a través de una propuesta didáctica con analogías. *Enseñanza de las Ciencias*, 31 (2), 9-30.
- Azcárate, Pilar y Cuesta, Josefa (2005). El profesorado novel de secundaria y su práctica. Estudio de un caso en las áreas de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23 (3), 393-402.
- Barquero, B. (1995). *La representación de estados mentales en la comprensión de textos desde el enfoque teórico de los modelos mentales*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid
- Barra, R., Candela, B., Fernández, J. y Legarralde, T. (2019). *Combinación de materiales didácticos y actividades de laboratorio para la enseñanza de contenidos biológicos complejo*. La Plata: Universidad de La Plata
- Buitrago, María (2014). *Enseñanza-aprendizaje del concepto de célula en estudiantes de secundaria*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia sede Manizales

- Camacho, J. P., Jara, N., Morales, C., Rubio, N., Muñoz, T., y Rodríguez, G. (2012). Los modelos explicativos del estudiantado acerca de la célula eucarionte animal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9 (2), 196-212.
- Carrillo, L.M., Morales, C., Pezoa, V. y Camacho, J. (2011). La historia de la ciencia en la enseñanza de la célula. *Tecne epistemi y didaxis*, 112- 127.
- Cisterna, Francisco. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria* 14 (1), 61-71
- Clement, John J. (2007) Introducing the Cell Concept with both Animal and Plant Cells: A Historical and Didactic Approach. *Science & Education*, 16(3),423-440.
- Clement, John J. (2008) The role of explanatory models in teaching for conceptual change. *International handbook of research on conceptual change*,417-452.
- Dávila, R., y Moncada B. (2003). *Célula vegetal. Un guía práctica*. Colombia: Asesorías creativas.
- Deleón, Y. (2018). *Identificación de los modelos argumentativos y sus relaciones con los modelos explicativos que presentan los estudiantes del grado noveno en torno al concepto de mutaciones*. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales
- Díaz, J. y, Jiménez, A. (1996) ¿Ves lo que dibujas? Observando células en el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 183-194
- Edelsztein, V. y Galagovsky L. (2020). Evidencia de Deducciones Erróneas y sus Posibles Efectos en el Aprendizaje Inicial del Concepto de Célula en la Escuela Primaria. *Ciência & Educação, Bauru*, 26.
- Fernández, N. E. (2013). Los Trabajos Prácticos de Laboratorio por investigación en la enseñanza de la Biología. *Revista de Educación en Biología*, 16 (2), 15-30.

- Flores, J., Caballero, M. C., y Moreira, M. A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 33 (68), 75-112
- Giere, R. (1992) *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2006) *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill.
- Jaeger. Werner (2001). "*Paideia: los ideales de la cultura griega*". Fondo Cultural Económico de México. pp 16 a 43.
- López, A. M. y, Tamayo O.E. (2012) Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8 (1), 145-166.
- Martínez, Carolina (2016). *Una nueva aproximación al aprendizaje de la biología celular en Educación Secundaria*. Pamplona: Universidad Pública de Navarra.
- Martins, F., Martins, C., Morais da Silva, L., da Conceição, J. y Cavalcante, I. (2019). *El uso del laboratorio de biología como espacio para la enseñanza y el aprendizaje: un informe de experiencia*. Natal
- Marzábal, A. (2012). Las actividades de los libros de texto de química para la teoría corpuscular y su contribución a la evolución de los modelos explicativos. *Estudios Pedagógicos*, 38 (1), 181-196.
- Ministerio de Educación Nacional (2017). *Derechos Básicos de Aprendizaje DBA*. Colombia: Colombia Aprende la red del conocimiento. .
- Montiel, Adalberto (2018). *Los niveles argumentativos y el aprendizaje del concepto célula. Manizales*: Universidad Autónoma de Manizales

- Noy, J. M. (2011) La resolución de problemas lúdicos y el trabajo práctico de laboratorio como estrategia didáctica para el aprendizaje de las ciencias en el ciclo tres de educación básica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 55 (3).
- Órdenes, M. y Camacho, J. (2017). Modelos explicativos escolares del concepto de cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 4119-4124.
- Orrego, M., Tamayo, O.E. y Ruíz F. J. (2016). *Unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias*. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales.
- Paz, Johnny. (2019). Dándole sentido a la célula. *Revista de Educación & Pensamiento*, 87-105.
- Puentes, M. L., y Valbuena, E. (2010). Sistema de categorías para análisis didáctico de los trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 3 (5), 83-101.
- Raviolo, A. (2009). *Recursos didácticos visuales en la clase de ciencias*. II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, La Plata, Argentina.
- Rodríguez, M. Luz, Morrero, Javier y Marco A., Moreira (2001). La teoría de los modelos mentales de Johson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes de curso de orientación universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, 6 (3), 243-268.
- Ruíz, F.J. y García, G. (2017). Modelos explicativos de infarto agudo del miocardio y su relación con el ABP. *Enseñanza de las Ciencias*, 4413-4419.
- Sanmartí, N., Márquez, C., y García, P. (2002) Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Revista Aula Innovación Educativa*, 113.

- Santamaría, L., Llanos, L., Cortes M., Martínez, G., Urrea, M., Betancourt, C., Galindo, H., y Del Río, D. (2012) Obstáculos epistemológicos en la enseñanza del concepto de célula. *Revista Investigium IRE: Ciencias Sociales y Humanas*, 3 (3).
- Tamayo, Ó. E. (2001). “*Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración*”. Tesis doctoral: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Tamayo, Ó. E. (2002). “*Caracterización general de la didáctica de las ciencias naturales*”. *Módulo enseñabilidad*. Manizales: Universidad de Caldas.
- Tamayo, O. E. (2009). *Didáctica de las ciencias: La evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias*. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.
- Tamayo, O.E., y Sanmartí, N. (2007). High-school students’ conceptual evolution of the respiration concept from the perspective of Giere’s cognitive science model. *International Journal of Science Education*, 29(2), 215-248.
- Tamayo, O. E., Vasco, C. E., Suárez, M. M., Quiceno, C. H., García, L. I., y Giraldo, A. M. (2011). *La clase multimodal y la formación y evolución de conceptos científicos a través del uso de tecnologías de la información y la comunicación*. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales.
- Tamayo, O. E. (2013). Las unidades didácticas en la enseñanza de las Ciencias Naturales, Educación Ambiental y Pensamiento Lógico Matemático. *Itinerario Educativo*, 28 (62), 115-135.
- Tamayo, O. E., y Ruíz, F. J. (2016). *Relaciones teóricas y metateóricas entre la pedagogía y la didáctica*. Manizales: Universidad de Caldas.
- Toro, Diana (2016). *Enseñanza-aprendizaje del concepto de célula en estudiantes de grado segundo de básica primaria*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia sede Manizales

Vasco, C. (2008). *Reflexiones sobre la didáctica escolar*. Entrevista por Sierra, L. Eleducador.

11 ANEXOS

11.1 Anexo 1. Instrumento de indagación de modelos explicativos

A continuación, se presenta el instrumento de indagación de modelos explicativos, que tiene como fin identificar los modelos explicativos de estructura celular que tienen los estudiantes de grado sexto:

<p>Institución Educativa San Víctor Ciencias Naturales Grado 6° Docente: Andrés Fernando Gálvez Orozco</p>	
---	---

Nombre del estudiante: _____

Te invito a desarrollar el siguiente cuestionario y responder todas las preguntas. Ten en cuenta que NO hay respuestas malas, solo contesta desde tus aprendizajes.

1. Imagina que te están pidiendo tomar una fotografía de una célula real ¿Cómo consideras que es la manera más apropiada de hacerlo? ¿Por qué?

2. A partir de la respuesta anterior, describe cómo se vería la célula en la fotografía (forma, colores, partes) y a qué otro objeto se podría parecer. Realiza también un dibujo

3. Piensa en las células de una vaca y en las de una hormiga ¿Qué diferencias se podrían encontrar entre ellas?

4. Imagina que te vuelves diminuto y la célula es tu casa, ¿Quiénes serían tus vecinos?, ¿qué podrías encontrar en las calles de alrededor?

5. Si esta casa (la célula) se encontrara en una emergencia, ¿Cómo pedirías ayuda? ¿Con quién te comunicarías?

6. Llegó el día de mercado a tu casa (la célula), traen el alimento desde la plaza del pueblo y necesitan ingresarlo. ¿Cómo consideras que este alimento ingresa a tu casa?

7. Piensa en la célula funcionando como una de las ladrilleras del municipio, ¿Tendría un jefe? Si lo tiene, ¿De qué se encargaría el jefe dentro de la célula? ¿Tendrá un nombre en específico?

11.2 Anexo 2. Consentimiento informado

Supía, Caldas. Mayo 04 de 2020

Yo, _____ padre de familia o
acudiente del estudiante _____ del grado
sexto de la Institución Educativa San Víctor, autorizo la participación de mi hijo (a) o acudido
(a) en el estudio: *Cambio en los modelos explicativos de estructura celular eucarionte, a
través de prácticas de laboratorio con elementos de uso común, en estudiantes de sexto
grado*, desarrollado por el docente de Ciencias Naturales Andrés Fernando Gálvez Orozco.
Así mismo, autorizo el uso de las imágenes propias del estudio y en las que aparezca el
estudiante

Firma del padre de familia o acudiente

Número de cédula

11.3 Anexo 3. Unidad didáctica

Institución Educativa San Víctor

Ciencias Naturales Grado 6°

Docente: Andrés Fernando Gálvez Orozco

Unidad Didáctica: La Célula en el Laboratorio



Actividad 1. Intervención del modelo de Hooke

El planteamiento general del modelo de Hooke es el siguiente: “la célula es una celda, sin estructuras y limitada del exterior”. Esta actividad tiene como finalidad, reconocer las características principales de la estructura celular eucarionte.

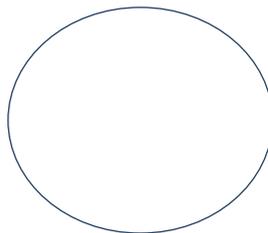
Objetivo: Demostrar que algunas células tienen forma de celda, pero poseen estructuras u organelos.

Materiales:

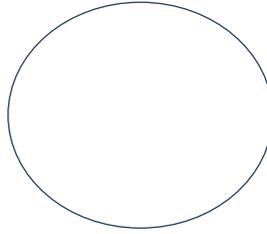
Microscopio	Portaobjetos	Cubreobjetos	Cebolla
Bisturí	Palillo	Vidrio de reloj	Azul de metileno

Antes de observar la práctica de laboratorio, responde:

1. Antes de realizar el experimento, ¿Cómo crees que se ven las células de la cebolla en un microscopio? Dibuja



2. ¿Qué crees que sucederá al agregarle la sustancia azul de metileno? ¿Por qué? ¿Cómo se verán las células? Dibuja



3. ¿Crees que en el epitelio bucal se observarán estructuras similares a las de las células de la cebolla? ¿Por qué?

Procedimiento

(Dadas las condiciones de virtualidad, el procedimiento será desarrollado por el docente y observado por el estudiante)

- ✓ Extraer un trozo de cebolla cortado en una fina capa
- ✓ Colocar el trozo de cebolla en el portaobjetos y proteger con el cubreobjetos
- ✓ Iniciar el proceso de enfoque del trozo de cebolla en el objetivo de menor aumento
- ✓ Continuar analizando con los otros objetivos
- ✓ Retirar la preparación, quitar el cubreobjetos y aplicar una gota de azul de metileno.
- ✓ Volver a observar en el microscopio



Posteriormente observa la segunda parte del procedimiento:

- ✓ Raspar con un palillo la mucosa interna de la mejilla y depositar lo extraído en un portaobjetos con una gota de agua.
- ✓ Realizar una extensión más o menos uniforme con otro portaobjetos y calentar suavemente pasando por el mechero.
- ✓ Colocar el portaobjeto sobre un vidrio de reloj y adicionar una gota de azul de metileno

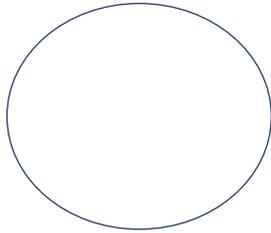


- ✓ Dejar reposar dos minutos y lavar con agua destilada.
- ✓ Retirar exceso de agua con papel fijante
- ✓ Iniciar proceso de enfoque con el objetivo de menor aumento

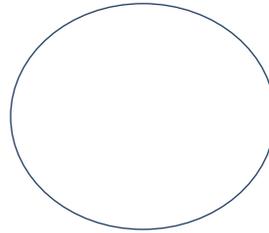
Después de observar las prácticas de laboratorio, responde:

4. Después de realizar el experimento, ¿Cómo se ven las células de la cebolla? Dibuja

Sin azul de metileno



Con azul de metileno



5. ¿La célula de la cebolla se encuentra vacía o puedes observar alguna estructura en su interior? Si observas algo, ¿consideras que esto mismo se podría observar en las células de tu cuerpo?

6. ¿Cómo logras diferenciar cada célula de cebolla observada?

7. ¿Qué conceptos nuevos consideras has utilizado para responder el cuestionario?

8. Después de realizado el experimento, ¿Qué semejanzas y qué diferencias pudiste observar entre las células del epitelio bucal y las de la cebolla?

Semejanzas

Diferencias

9. ¿Qué consideras que es más difícil en estas prácticas de laboratorio? ¿Cómo lo solucionarías?

10. ¿Qué aspectos consideras que le aportan la práctica anterior al concepto de célula desde su estructura? (expone al menos dos de ellos y justifica tu respuesta)

Actividad 2. Intervención del modelo de Trevinarus

El planteamiento general del modelo de Trevinarus es el siguiente: “la célula posee algunas estructuras y está relacionada con un medio interno y un medio externo”. Esta actividad tiene como finalidad, reconocer las características del medio interno y externo de las células eucariontes.

Objetivo: Demostrar que las células se relacionan con su medio externo y se encuentran inmersas en un líquido conocido como medio interno o extracelular

Materiales:

Microscopio	Portaobjetos	Cubreobjetos	Agua de charca
Lanceta	Alcohol	Algodón	Agua estéril

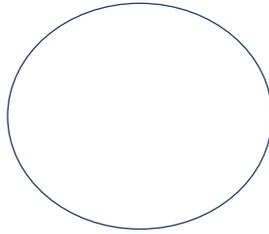
Procedimiento 1

- ✓ Tomar pequeñas algas filamentosas de la muestra de agua y ponerlas en un portaobjetos con una gota de agua
- ✓ Proteger con el cubreobjetos y llevar al microscopio
- ✓ Iniciar proceso de enfoque con el objetivo de menor aumento



Después de observar la primera parte de la práctica, responde:

1. ¿Lograste identificar estructuras distintas a las vistas en las células de la cebolla? ¿Qué crees que son? Señálalas en un dibujo



2. ¿Crees que estas estructuras también están presentes en las células animales? ¿Por qué?

3. Con las actividades realizadas hasta ahora, ¿cómo explicarías el concepto de célula desde su estructura?

4. De acuerdo a las prácticas realizadas hasta el momento, ¿Qué alcances y limitaciones tiene el modelo de Hooke para describir el concepto de célula desde su estructura?

Alcances

Limitaciones

Antes de observar la segunda parte de la práctica responde:

5. Antes de realizar la práctica, ¿Qué opinión te genera el hecho de que se va a utilizar sangre en el experimento?

Procedimiento 2



- ✓ Preparar muestra de sangre
- ✓ Esparcir la muestra con ayuda de otro portaobjetos, sin realizar mucha presión
- ✓ Proteger con el cubreobjetos y llevar al microscopio
- ✓ Iniciar proceso de enfoque con el objetivo de menor aumento

Después de observar la segunda parte de la práctica, responde:

6. ¿Qué función consideras tendrá el plasma sanguíneo en el que se encuentran inmersas las células observadas?

7. ¿Qué crees que sucederá con las células si ese líquido se seca? ¿Por qué?

8. ¿En las células observadas se pudieron apreciar algunas estructuras u organelos? Justifica tu respuesta

Actividad 3. Intervención del modelo de Heinrich

El planteamiento general del modelo de Heinrich es el siguiente: “la célula posee algunas estructuras, está relacionada con un medio interno y un medio externo y el intercambio de sustancias. Esta actividad tiene como finalidad, reconocer las características del intercambio de sustancias a nivel celular.

Objetivo: Demostrar que las células se comunican con células vecinas o con el medio, permitiendo el intercambio de sustancias

Materiales:

Flores naturales	Colorante	Tijeras	Vasos
Zanahorias	Agua	Sal	Cinta métrica

Antes de realizar la primera parte de la práctica de laboratorio, responde:

1. ¿Qué crees que le sucederá a las flores si las ponen en colorante? Justifica tu respuesta

Procedimiento 1



- ✓ Llenar algunos vasos con agua y agregar una buena cantidad de colorante
- ✓ Cortar el tallo de las flores en diagonal para favorecer el contacto con el agua
- ✓ Colocar las flores en los vasos y observa lo que va ocurriendo a lo largo de varios días

Después de observar durante varios días el experimento, responde:

2. ¿Qué cambios se produjeron en las flores? ¿Por qué crees que ocurrió esto?

3. ¿Sucedió lo que esperabas? Justifica tu respuesta

4. ¿Cuál de los medios que afectan a la célula puedes explicar de mejor forma: medio interno o medio externo? Justifica tu respuesta

5. Con las actividades realizadas, ¿cómo explicarías el concepto de célula desde su estructura?

Antes de realizar la segunda parte de la práctica, responde:

6. Antes del experimento, ¿Qué crees que le pasará a cada una de las zanahorias? Justifica tus respuestas

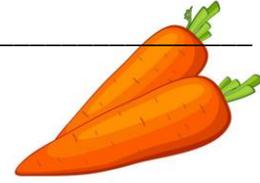
Frasco 1

Frasco 2

Frasco 3

Frasco 4

Procedimiento 2



- ✓ Medir cada una de las zanahorias a utilizar
- ✓ Poner la primera zanahoria en un frasco con agua destilada, la segunda en un frasco con una cucharada de sal por cada 100 ml, la tercera ponerla en mucha sal con poca agua y la última se deja tal y como está.
- ✓ Dejar las zanahorias en los frascos durante 48 horas y observar lo que sucede

Después de observar durante varios días el experimento, responde:

7. Después del tiempo de espera dibuja y describe lo que observas en cada zanahoria. Recuerda comparar sus medidas

--	--	--	--

Frasco 1

Frasco 2

Frasco 3

Frasco 4

8. Menciona los términos nuevos que has aprendido en el tema de intercambio de sustancias a nivel celular

9. ¿Consideras que tu aprendizaje y comprensión sobre la estructura celular ha mejorado? Expone al menos dos razones

Actividad 4. Intervención del modelo Brown

El planteamiento general del modelo de Brown es el siguiente: “la célula posee algunas estructuras u organelos, está relacionada con un medio interno y un medio externo por medio del intercambio de sustancias y el núcleo es su estructura principal. Esta actividad tiene como finalidad, reconocer las características del núcleo como organelo que almacena el ADN.

Objetivo: Demostrar que el núcleo celular alberga el material genético ADN y controla las actividades celulares

Materiales:

Hígado de pollo	Licadora	Vaso de precipitado	Alcohol
Detergente líquido	Jugo de piña	Tubo de ensayo	Agitador

Antes de observar la primera parte de la práctica de laboratorio, responde:

1. ¿Qué crees que debe sucederle a la célula para poder extraer el ADN? Justifica tu respuesta

Procedimiento



- ✓ Solicitar porción de hígado licuado al docente y pasarlo por un colador
- ✓ Verter la sustancia en un vaso de precipitado y agregar 10 ml de detergente líquido
- ✓ Revolver suavemente sin formar espuma y dejar reposar durante 5 a 10 minutos
- ✓ Colocar la mezcla en un tubo de ensayo y añadir unas gotas de jugo de piña, revolviendo lentamente

- ✓ Inclinar el tubo y agregar alcohol en una proporción igual a la mezcla
- ✓ Observar los filamentos en el alcohol e intentar tomarlos con la varilla de vidrio

Después de observar la primera parte de la práctica de laboratorio, responde:

2. Después de lo observado ¿Cuál crees que es la función del núcleo a nivel celular?
¿Podría funcionar la célula sin él? Justifica tus respuestas

3. Con las actividades realizadas en la unidad didáctica, ¿cómo explicarías el concepto de célula desde su estructura?

¡FELICITACIONES!