

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO
CÉLULA A PARTIR DE SU HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA

DIEGO ALEXANDER RIVERA GÓMEZ

UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
ÁREA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI
2011

Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto célula a partir de su historia y epistemología

Diego Alexander Rivera Gómez

Phd. Alfonso Claret Zambrano Chagüendo

Universidad del Valle
Maestría en educación énfasis enseñanza de las ciencias naturales
Santiago de Cali
2011

A Dios quien nos tiene en este mundo con un propósito.

A mis padres: Tarsicio por su liderazgo, Omaira por su tenacidad y por apoyarme en todos estos años. A mis hermanos: Dolly quien está siempre presente, Vladimir por su emprendimiento y Edwin por su incondicionalidad.

A Hernán por su empeño e impulso para sacar adelante este trabajo

A mi esposa Andrea por su amor, apoyo y por creer en mí todo este tiempo

A mi hijo David Alejandro por su dulzura. A ambos por ser mi estímulo y motor para cada día ser mejor.

A todas las personas que creyeron en mí.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales al profesor Alfonso Claret Zambrano por su apoyo y valioso aporte para la realización de la investigación.

A José Omar Zúñiga por sus aportes en la culminación de la tesis.

A la Institución Real Colegio San Francisco de Asís por brindar sus espacios para el desarrollo de la investigación.

A las estudiantes de Licenciatura en Educación Básica de la Universidad del Cauca por continuar con el trabajo y ofrecer información para esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
0. <u>INTRODUCCIÓN</u>	13
1. <u>JUSTIFICACIÓN</u>	15
2. <u>ANTECEDENTES</u>	17
3. <u>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</u>	28
4. <u>PROPÓSITOS</u>	30
5. <u>REFERENTE CONCEPTUAL</u>	31
5.1 ESTRUCTURA DEL CONCEPTO EN CIENCIAS.....	31
5.2 EL VALOR PEDAGÓGICO DE LOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS.....	33
5.3 EL SURGIMIENTO DE LA TEORIA CELULAR.....	38
5.3.1 FUENTES BÁSICAS PARA LA HISTORIA DE LA TEORÍA CELULAR.....	50
5.4 LOS MODELOS Y LA MODELIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA CÉLULA.....	51
5.5 EL USO DE ANALOGÍAS PARA TRABAJAR EL CONCEPTO CÉLULA	53
5.6 LA CÉLULA Y SU RELACIÓN CON EL EXPERIMENTO	55
6. <u>DISEÑO METODOLÓGICO</u>	57
6.1 REFERENTES TEÓRICOS PARA REALIZAR EL ANÁLISIS HISTÓRICO Y EPISTEMOLÓGICO DEL CONCEPTO CÉLULA.....	61
6.2 REVISIÓN HISTÓRICA Y EPISTEMOLÓGICA DE LA TEORÍA CELULAR Y CÉLULA.....	64
6.3 ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS HISTÓRICO Y EPISTEMOLÓGICO DEL CONCEPTO CÉLULA.....	68
6.4 EXPLORAR LAS IDEAS PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE EL CONCEPTO CÉLULA.....	76
6.4.1 INTERACCIÓN POBLACIÓN DE ESTUDIO Y ACERCAMIENTO AL TEMA CÉLULA.....	77
6.4.2 ELABORACIÓN DEL INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCION DE IDEAS PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES ACERCA DEL CONCEPTO CELULA.....	82
6.4.3 SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS CON EL INSTRUMENTO.....	87
6.5 ANÁLISIS PLAN DE ESTUDIOS Y TEXTO ESCOLAR DE CIENCIAS NATURALES DE LA INSTITUCIÓN DE LOS GRADOS CUARTO Y QUINTO.....	101
6.5.1 ANÁLISIS PLAN DE ESTUDIOS DEL REAL COLEGIO SAN FRANCISCO DE ASÍS.....	101
6.5.2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE TEXTOS ESCOLARES CON LOS CUALES ENSEÑA EL CONCEPTO CÉLULA EN LOS GRADOS CUARTO Y QUINTO.....	104

6.6	PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO CÉLULA A PARTIR DE SU HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA	113
7.	<u>CONCLUSIONES.....</u>	<u>127</u>
8.	<u>ANEXOS</u>	<u>135</u>
8.1	ANEXO 1: CONTEXTO Y POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	136
8.2	ANEXO 2: CUENTO “ERASE UNA VEZ LA CÉLULA”.....	136
8.3	ANEXO 3: INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE IDEAS PREVIAS DE CÉLULA CON ESTUDIANTES DE CUARTO Y QUINTO.....	138
8.4	ANEXO 4: SISTEMATIZACIÓN INSTRUMENTO IDEAS PREVIAS.....	139
8.5	ANEXO 5: CONTENIDO TEXTOS ESCOLARES GUIA PARA LA ENSEÑANZA DE LA CÉLULA.....	146
9.	<u>REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS</u>	<u>163</u>

LISTA DE TABLAS:

1. TABLA 1: REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS. ELABORADA A PARTIR DE RODRÍGUEZ (1997, 1999).....	21
2. TABLA 2: CATEGORÍAS DE ANÁLISIS DE REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS.....	23
3. TABLA 3: FASES PARA LA ENSEÑANZA BASADA EN ANALOGÍAS.....	54
4. TABLA 4: PUNTOS BÁSICOS PARA LA ENSEÑANZA CON ANALOGÍAS.....	55
5. TABLA 5: INSTRUMENTO VALORACIÓN DE TEXTO ESCOLAR.....	106
6. TABLA 6: INSTRUMENTO APLICADO EVALUACIÓN DE TEXTOS ESCOLARES.....	110
7. TABLA 7: ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO CÉLULA.....	123

LISTA DE FIGURAS:

8. FIGURA 1: ESTRUCTURA DEL CONCEPTO EN CIENCIAS NATURALES (ZAMBRANO, 2000).....	32
9. FIGURA 2: DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
10. FIGURA 3: FASES DEL DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	60
11. FIGURA 4: FASES DEL DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	61
12. FIGURA 5: PROBLEMAS FUNDAMENTALES DE LA BIOLOGÍA.....	65
13. FIGURA 6. SURGIMIENTO DE LA TEORÍA CELULAR Y EL TÉRMINO CÉLULA.....	66
14. FIGURA 7: PRINCIPIOS Y ORÍGENES DE LA TEORÍA CELULAR.....	67
15. FIGURA 8: PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO CÉLULA.....	114

LISTA DE FOTOS:

16. FOTO 1: INTERRACCIÓN CON ESTUDIANTES.....	77
17. FOTO 2: OBSERVACIONES AL MICROSCOPIO DE CÉLULA VEGETAL.....	78

18. FOTO 3: ESTUDIANTES REALIZANDO TRABAJOS RELACIONADOS CON LA PRÁCTICA.....	79
19. FOTO 4 Y 5: ELABORACIÓN CÉLULA CON PLASTILINA.....	81
20. FOTO 6: APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE IDEAS PREVIAS.....	87
21. FOTOS 7: DIBUJOS DE LA CÉLULA ELABORADOS POR NIÑOS DE CUARTO Y QUINTO DE BÁSICA PRIMARIA	97

RESUMEN

Esta investigación tiene como objeto de estudio la construcción de una propuesta de enseñanza del concepto célula teniendo en cuenta su historia y epistemología, de igual manera determinar el sentido pedagógico de la historia y la epistemología que sirva de referencia al profesor en el contexto escolar.

La investigación se justifica al reconocer las dificultades asociadas a la enseñanza del concepto célula, igualmente a reconocer el valor pedagógico que tiene la historia y epistemología de la ciencia como marco de referencia para la enseñanza, aprendizaje y evaluación del concepto célula en niños de básica primaria. A partir de la revisión histórica y epistemológica de la teoría celular, se logran identificar los obstáculos que llevaron a la formulación de las diferentes teorías que explican la vida y con ello el concepto célula como fundamento y además relacionar estos aspectos con las ideas previas que se encuentran en los niños de la misma.

El desarrollo de la investigación además de la revisión histórica del concepto, analiza las ideas previas de los niños, realiza una revisión del texto escolar como herramienta didáctica para la enseñanza y del plan de estudios de la institución para plantear la propuesta didáctica en coherencia con los estándares básicos de competencias.

La investigación aporta una herramienta didáctica al profesor de ciencias para reflexionar su enseñanza y tener elementos conceptuales que hacen consciente su ejercicio para abordar el contenido de las ciencias desde los conceptos y no simplemente desde las definiciones.

PALABRAS CLAVE: historia, epistemología, enseñanza de la ciencia, teoría celular, concepto célula, didáctica, obstáculo epistemológico.

PRESENTACION

En el documento se presentan de manera sistemática el diseño, la ejecución y los resultados del Trabajo de Investigación que se preguntó por el valor pedagógico de la construcción histórica y epistemológica del concepto célula para su enseñanza.

Todo este proceso tuvo como estrategia de metodología de investigación cualitativa de tipo histórico epistemológico, en este caso a través del estudio de un tipo de análisis que toma elementos de la historia y epistemología de los conceptos para su aprovechamiento en la enseñanza de las disciplinas científicas (Rojano, 1994).

Para comprender con más detalle el significado de los resultados que aquí se presentan, es importante tener en cuenta que la investigación se centra en el *contexto* de la clase de ciencias naturales de los grados cuarto y quinto del Real Colegio San Francisco de Asís de la ciudad de Popayán, entendida como el escenario en el que convergen tanto el *conocimiento científico escolarizado (CCE)* del profesor como el *conocimiento común (CC)* del estudiante. Por lo tanto lo que se tuvo en cuenta fue: primero, la revisión y análisis histórico epistemológico sobre la teoría celular para la construcción del concepto célula; segundo, la revisión y análisis del plan de estudios que se desarrolla en la clase con relación al concepto y el texto escolar con el cual aprenden los niños; tercero, las ideas previas de los niños sobre célula a partir de los referentes conceptuales consultados y de la interacción con los grupos; cuarto, la construcción de una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto célula.

Entre los referentes teóricos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de esta investigación se pueden mencionar los siguientes:

- *El significado de los modelos y de la modelización* (Izquierdo, 1999, Gutiérrez 2007;), que permitió destacar que entre las actividades que se realizan en la clase de ciencias, está la de construir modelos para representar y entender la realidad estudiada. De esta manera se tiene en cuenta en la propuesta como estrategia didáctica para entender la célula como estructura no plana.
- La teoría celular (Albarracín, 1983), La lógica de lo viviente (Jacobson, 1988), El conocimiento de la vida (Canghilhem, 1976) donde se

tomaron elementos históricos para entender la construcción del concepto célula.

- La formación del espíritu científico (Bachelard, 2000), para entender y desarrollar la idea de obstáculo epistemológico y su valor para la enseñanza.
- La relación entre el conocimiento del maestro y el conocimiento del estudiante (Zambrano, 2000) para la relación historia, epistemología y enseñanza. Permitió además el trabajo del concepto desde la estructura del concepto en ciencias.

Para el registro y posterior análisis y discusión de la información, se tuvieron en cuenta dos *instrumentos*: uno para recoger las ideas previas de los estudiantes y otro para el análisis de los textos escolares (con base en el esquema propuesto por Mejía, 1992).

Para la discusión y en las conclusiones se tuvieron en cuenta las contribuciones de los referentes teóricos para la construcción del concepto, entender los obstáculos que se tienen en el aprendizaje de la célula como de igual forma la didáctica desde la cual se construye la propuesta.

En general se puede plantear que desde la revisión histórica de la teoría celular se construye el concepto célula y su análisis epistemológico permite entender como los obstáculos, errores y paradigmas propios de la época pueden asemejarse o relacionarse con las ideas previas de los niños como por ejemplo para caracterizar lo vivo, la denominación de célula, la forma como se accede a la observación y como se crea una imagen mental de la misma y en fin una serie de elementos que se pueden tener en cuenta para su enseñanza cuando se acude al valor pedagógico que adquiere la historia y epistemología en la enseñanza.

Estructura del documento:

En cuanto a su estructura, el documento está organizado de la siguiente manera:

- El capítulo 0 hace referencia a la introducción e incluye las nociones y referentes generales desde las cuales toma interés realizar la investigación.
- El capítulo 1 contiene la justificación de la investigación donde se desataca la importancia que tiene en la enseñanza del concepto a partir de la construcción histórica y epistemológica.

- El capítulo 2 desarrolla los antecedentes investigativos que sirven de referencia y apoyo a la investigación, de la manera como se aprende y enseña la célula en la escuela.
- El capítulo 3 aborda el problema de investigación; en él se presenta el problema en el contexto, haciendo referencia a algunos antecedentes teóricos, así como también a la importancia del problema y mis motivaciones personales como investigador.
- En el capítulo 4 se describen los propósitos.
- El capítulo 5 incluye el referente conceptual, en el cual se presenta los referentes teóricos que fundamentan el desarrollo de la investigación, entre ellos el de los *obstáculos epistemológicos, el concepto en las ciencias naturales y la teoría celular*.
- En el capítulo 6 se hace referencia al diseño metodológico. En él se describe el diseño de la investigación, enfoque y la estrategia utilizada, la población de estudio, los instrumentos y el procedimiento que se siguió para el registro y posterior análisis y discusión de los datos, entre otros aspectos. Además se incluye el desarrollo de comprobación de la hipótesis con la aplicación de los instrumentos, sus resultados y concluyendo con la propuesta didáctica.
- En el capítulo 7 se presentan las conclusiones de la investigación.
- Finalmente se incluyen una serie de anexos y la bibliografía consultada en los capítulos 8 y 9 respectivamente.

0. INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de conceptos de la Biología, tal es el caso de célula, el maestro parte de lo expresado en los textos, los cuales representan el conocimiento establecido a nivel celular tal como hoy se concibe en la Biología, es decir, en los libros encontramos lo referente a la célula, sus partes, funciones, teoría celular, desde el conocimiento establecido por las comunidades científicas, pero ello no necesariamente implica que sean abordados desde la historia y epistemología del concepto. La historia y epistemología del concepto célula nos remiten a la construcción de la teoría celular, porque el concepto está inmerso en esta teoría, es ella quien da cuenta de los descubrimientos y planteamientos alrededor de lo vivo.

Sin tener en cuenta la historia de las ciencias, la enseñanza en la escuela trabaja el concepto en términos de definiciones, por lo que no basta con saber el qué es, sino que también es importante saber cómo, dónde, quiénes y en general cómo se construyó lo que hoy conocemos como una definición de la célula y sus partes. Las definiciones forman parte del concepto, asumido éste como una construcción histórica (Zambrano, 2000) en la cual se pueden indagar y encontrar los obstáculos propios en la constitución de conocimientos en las ciencias que permiten plantear enseñar distinta en el contexto escolar.

Por eso el análisis del concepto célula desde lo histórico y epistemológico parte de la revisión histórica y epistemológica de la Teoría celular, seguidamente de antecedentes acerca de la enseñanza del concepto célula sobre estudios que se hayan realizado en cualquier nivel de educación y en contextos diferentes; posteriormente con estos elementos se elabora un análisis para determinar los elementos que desde la historia y la epistemología adquieren un sentido pedagógico para la enseñanza y el aprendizaje del concepto célula y así construir una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto.

La revisión de antecedentes de investigación muestran que éstas enfatizan en las dificultades que el estudiante tiene frente al aprendizaje en el aula, recogiendo preconcepciones, imágenes mentales y constructos hechos de la célula, pero es de anotar que las investigaciones aquí referenciadas no se centran en los aspectos históricos y epistemológicos del concepto, por lo tanto este estudio aportará desde estos elementos.

Esta mirada pretende determinar el valor pedagógico de lo histórico y epistemológico en la construcción de conceptos, que aporten en la construcción del concepto célula, partiendo de la hipótesis que se adquiere un mejor aprendizaje conociendo la construcción de los conceptos en las ciencias.

Teniendo en cuenta que *“Los referentes epistemológicos se ocupan, en primer lugar, de resaltar el valor del papel del mundo de la vida, en la construcción del conocimiento científico. En segundo lugar, se ocupan de analizar el conocimiento común, científico y tecnológico, la naturaleza de la ciencia y la tecnología, sus implicaciones valorativas en la sociedad y sus incidencias en el ambiente y en la calidad de la vida humana.”*¹ Esta investigación ofrece elementos conceptuales derivados de la revisión histórica y epistemológica del concepto célula que le den sentido pedagógico y didáctico en el contexto escolar que sirven de referentes para su enseñanza.

¹ Ministerio de Educación Nacional. (1998). Serie lineamientos curriculares. Bogotá. Pág. 4.

1. JUSTIFICACIÓN

La enseñanza de los conceptos científicos generalmente ha sido abordada con un enfoque tradicional, donde más que conceptos se han enseñado definiciones que poco aprendizaje significativo generan en los estudiantes. Más cuando conceptos abstractos se trabajan en la escuela y en los primeros años que el niño comienza procesos de razonamiento concreto para pasar a lo abstracto.

Es por esto, que este proyecto sobre la enseñanza del concepto de célula teniendo en cuenta su historia y epistemología con estudiantes del Ciclo II (grados cuarto y quinto) de la Institución Educativa Real Colegio San Francisco de Asís – Popayán Cauca año lectivo 2010-2011, pretende constituirse en un aporte fundamental para que tanto profesores como estudiantes pasen de la simple definición al acercamiento del conocimiento de conceptos científicos, comprendiendo que los mismos son una construcción humana y por ser un producto de las personas requirió de un tiempo, en el cual se llevaron a cabo estudios, aportes y contradicciones, las cuales son fundamentales conocer para entender que los conceptos surgen a partir de procesos que se transforman desde el surgimiento con el paso del tiempo de nuevas explicaciones científicas.

Además, es importante resaltar que según los trabajos y estudios que sobre el concepto célula se han consultado, estos evidencian la gran necesidad que tiene el campo de las ciencias que se lleven a cabo trabajos investigativos sobre el tema, trabajos que además de hacer visibles las dificultades y problemas que tienen tanto los estudiantes como maestros para el aprendizaje y enseñanza del concepto célula, presenten alternativas didácticas que brindan herramientas necesarias para que, de una u otra manera, se pueda aportar a la enseñanza significativa de conceptos científicos.

De acuerdo con lo anterior, esta propuesta tiene relevancia, ya que además de pretender hacer visibles las problemáticas presentes en la escuela y más específicamente en Biología con respecto a la enseñanza del concepto célula; también busca plantear alternativas para la superación de las mismas a partir del reconocimiento del sentido pedagógico que tiene la revisión histórica y epistemológica del concepto, lo cual es indispensables para generar un aprendizaje significativo.

De acuerdo con Gagliardi (1986) *“La historia de las ciencias permite comprender cuales son las principales teorías actuales y cuáles han sido los obstáculos que trabaron su aparición y el desarrollo de la ciencia”*² además, *“la historia de las ciencias puede dar «pistas» pero no elimina el análisis concreto de los alumnos concretos en una situación concreta...queremos decir con esto que el alumno actual vive, piensa, construye sus conocimientos en una sociedad diferente en la cual se produjeron los conocimientos que debe reproducir en clase. Es decir que no es similar a los científicos. Sin embargo, está claro que conocer cuáles fueron las trabas para desarrollar socialmente ciertos conocimientos puede ser útil para comprender las dificultades de los alumnos”*³, la referencia citada anteriormente sustentante claramente la importancia de la historia y de su estudio para generar proceso de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes. Por esto, la investigación ofrece elementos conceptuales derivados de la revisión histórica y epistemológica del concepto célula y su sentido pedagógico y didáctico en el contexto escolar que sirven de referentes para su enseñanza.

² GAGLIARDI. R. Cómo utilizar la Historia de las Ciencias en la Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Ginebra. Pág. 293.

³ Ibid., p. 293

2. ANTECEDENTES

En la línea de investigación la relación entre el conocimiento del estudiante y el conocimiento del maestro, en el contexto de la enseñanza, aprendizaje y cambio conceptual de la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela, a partir de la historia y epistemología de varios conceptos científicos; son pocas las referencias que en el país existen sobre este tipo de investigación, de igual manera sobre la historia y epistemología del concepto célula. Con relación al tema de investigación es tienen los siguientes referentes investigativos:

Zambrano (2000), en la investigación sobre la relación del conocimiento común y científico del maestro y el alumno en el contexto de la enseñanza, aprendizaje y cambio conceptual, trabajo realizado con conceptos científicos como mol, evolución y calor y temperatura, con estudiantes de básica secundaria, media y universitarios. El propósito de esta investigación fue conocer el proceso de aprendizaje de los alumnos y el proceso de enseñanza para elaborar alternativas pedagógicas teniendo en cuenta los conceptos previos, contribuyendo al proceso de conocimiento del alumno con técnicas de entrevistas y cuestionarios apropiados a nuestro medio, que permitieron conocer cómo utilizando el conocimiento común del alumno interactúa con el conocimiento científico del maestro.

Caballer y Giménez (1993), reportan las ideas existentes en niños sobre el concepto célula, los autores plantean como hipótesis que el concepto es complejo y que se tiene una idea superficial de éste para comprender la estructura de seres complejos, pero sin entender realmente su funcionamiento. En este estudio los autores utilizaron un instrumento que consta de preguntas abiertas sobre qué es la célula, su forma y estructura; además de preguntas cerradas sobre funciones que cumple o no la célula y de falso o verdadero sobre determinadas funciones.

Concluyen, que la célula se entiende como una unidad viva con capacidad para formar otros seres, sin recordar organelos ni funciones asociadas a éstos; plantean que se encuentran obstáculos epistemológicos en la imposibilidad de representar mentalmente una célula respirando, comiendo, por ser funciones propias de sistemas complejos del ser humano. Finalmente sugieren que si las funciones de la célula no son bien comprendidas, su aprendizaje quedará reducido a una memorización de organelo-función.

Rodríguez, et al (2000) realizaron la investigación titulada “La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria”, a partir de casos indagados con treinta y seis estudiantes que cursaron oficialmente la asignatura de Biología de COU y terminaron dicho curso escolar.

Como resultado tipificaron cuatro modelos mentales diferentes de célula, es decir, cuatro maneras distintas de representarla cuando se requiere hacer uso de ella como objeto de estudio. Son cuatro, los modos que la investigación ha hallado en que este alumnado ha pensado la célula, la ha percibido y concebido. Uno, como una imagen única y estática; dos, imagen estructural y funcional de la célula, ambos independientes; tres, imagen integrada entre estructura y función de la célula, pero con imágenes estáticas; cuatro, integración entre estructura y función celular, pero con imágenes dinámicas y complejas.

Flores, et al (2000), adelantaron una investigación que se llevó a cabo con 1200 estudiantes del bachillerato de primero a tercer año titulada ¿Qué representación de la célula tienen los estudiantes? elaborando un cuestionario y un guión de entrevista para analizar en detalle algunas de las respuestas de los alumnos. Los cuestionarios fueron para los temas: reproducción, respiración, alimentación y célula.

Uno de los aspectos que se puede destacar de dicha investigación es el siguiente: la capacidad de establecer representaciones abstractas en torno a este tema es particularmente pobre. Esto implica que la estructura de la célula (organelos, membrana, núcleo) y los procesos celulares (reproducción, fotosíntesis, nutrición, reproducción) sólo son comprendidos parcialmente sin ser articulados en una visión integral. Los resultados obtenidos plantean que el problema de comprensión y representación que acusan los alumnos puede dividirse en niveles de comprensión. Estos niveles van desde la comprensión de funciones generales de los organismos pluricelulares como el funcionamiento de aparatos y sistemas para la respiración, digestión y reproducción, hasta los procesos y estructura de la célula, como la respiración, los procesos de mitosis y meiosis en la reproducción y sus diversos organelos como el núcleo, las mitocondrias y demás; esto indica una desvinculación, prácticamente total, entre sus representaciones y lo planteado en los textos y programas; organización curricular del tema que, por otro lado, guarda gran similitud en la mayoría de los cursos y textos no sólo del bachillerato, sino también de la secundaria.

De este estudio también se puede retomar la idea de los niveles de comprensión que se encuentran en estudiantes de nivel básica primaria y secundaria, que evidencia en ellos la comprensión y relación del concepto célula con otros procesos y estructuras, lo que lleva a inferir que en la

escuela no se potencian o estimulan procesos del estudiante lo cual se evidencia de igual manera en la revisión de los textos y en la misma organización curricular de contenidos, lo que lleva no solamente a indagar sobre las concepciones previas sobre célula sino también a una revisión de cómo los textos abordan el concepto con los cuales se enseña y aprende en la escuela.

En otro documento revisado, Guerrero (2001) afirma que a pesar de la lógica atención que se presta a la enseñanza de la célula en el Bachillerato, esta se halla con dificultades y concepciones erróneas que, a veces, pueden pasar inadvertidas en determinadas formas de enseñanza. Muchos alumnos de Bachillerato no desarrollan un concepto correcto de célula debido a ideas previas, a veces muy sutiles, que han adquirido en contextos extraescolares. Pero, aún más llamativo, es el hecho de que algunas de esas ideas previas erróneas se derivan de determinadas estrategias de enseñanza desarrolladas en el propio contexto educativo, como desde la clase magistral o en prácticas experimentales que de manera general o superficial abordan su enseñanza.

Afirma de igual manera que estas dificultades ponen de manifiesto la complejidad de la transposición didáctica en la enseñanza de la célula, es decir, del proceso de seleccionar, reorganizar y reformular los contenidos elaborados por la actividad científica para que puedan ser enseñados a los alumnos y asumidos por ellos. En el horizonte de esta tarea siempre hallaremos el mismo obstáculo: ¿Hasta qué punto coincide la célula real, la célula que enseñamos a nuestros alumnos y la que ellos aprenden? En suma ¿Qué clase de célula es la "célula aprendida? Se encuentran un elemento importante a tener en cuenta ¿cómo la transposición didáctica puede incidir en el aprendizaje del concepto célula?, es decir, ¿cuál es la transposición a seguir para hacer que el conocimiento de la célula sea aprendido significativamente por los estudiantes?

Santos (1989), muestra un estudio partiendo de la estructuración didáctica de la enseñanza de la Biología que permite un aprendizaje significativo en los escolares evidenciando como en la enseñanza de la teoría celular y el concepto célula y el sistema de conocimientos que se selecciona para su introducción en el sexto grado de la escuela primaria, está dirigido, fundamentalmente, a la formación de la generalización esencial de la célula como la unidad más pequeña que forma parte del cuerpo de todos los seres vivos, en la que se realizan todas las funciones fundamentales de la vida. En estas ideas queda expresado el fundamento básico de la teoría celular, a un primer nivel de presentación de lo que es general y esencial en el contenido de esta teoría.

La estructuración del contenido de enseñanza para la formación de los conocimientos relacionados con la teoría celular, posibilita que la base orientadora esté dirigida desde un primer momento a la búsqueda de la

esencia del conocimiento de la membrana, el citoplasma y el núcleo como partes fundamentales de la célula que estudian; y la célula como una pequeña unidad en la que se realizan funciones básicas de la vida. Estos rasgos de esencia del contenido de esta generalización se constituyen en medio, en vía que permite su aplicación en la solución de nuevas tareas cognoscitivas.

Vinculado a la formación de estos conocimientos, es indispensable la utilización de modelos elaborados por los docentes que reflejen estos elementos esenciales que se desea sean asimilados por los niños. Ellos constituyen un medio imprescindible para la formación del concepto célula como unidad del mundo vivo en su diversidad.

Este antecedente permite tener una mirada de cómo en la escuela, a través de una estrategia didáctica en la enseñanza de la biología, se aborda en los primeros niveles de básica secundaria el concepto célula desde la teoría celular para establecer el análisis de cómo una unidad “pequeña” es capaz de realizar todas las funciones dentro de un sistema, posibilitando la comprensión de una idea que establezca relaciones entre lo micro y lo macro; de esta manera se plantea una alternativa u opción pedagógica a tener en cuenta para la estructuración de una propuesta para la enseñanza del concepto célula, ¿desde cuál perspectiva? Se encuentran en la historia obstáculos como desde la relación micro - macro visto se daba la explicación de lo vivo pero a partir de vegetales y animales desconociendo la importancia de estructuras unicelulares tan complejas como los pluricelulares y a la vez tan semejantes desde lo fisiológico, muestra relación con la explicación que los estudiantes dan hacia lo vivo cuando lo conciben desde lo macro o visto a simple vista como animales y vegetales y no dando un carácter vivo a la micro, porque se piensa que son simples y sin capacidad para realizar las funciones que cumplen seres pluricelures. Por lo tanto lo histórico y epistemológico en las ciencias, guarda relación con los aprendizajes y así mismo adquiere sentido pedagógico cuando se hace uso de lo encontrado en la historia de las ciencias para fortalecer procesos de enseñanza y aprendizaje de conceptos.

Díaz (1999), encontró que la mayoría de los estudiantes utiliza una representación de la célula que se corresponde con un modelo idealizado, elaborado a partir de una síntesis que tiene como referente la microscopía electrónica; la mayoría de los dibujos representan una célula plana y no tridimensional; los dibujos, previos a la observación, del aspecto que se espera de las muestras, exponen un escaso conocimiento de la forma y las estructura celulares de células animales y vegetales.

Rodríguez (2000), plantea que parece confirmarse la necesidad de abordar el aprendizaje de forma gradual y por aproximaciones sucesivas que facilite la incorporación y la interacción de los elementos conceptuales correspondientes, fundamentalmente cuando se trata de conceptos

altamente estructurados, como la célula; y se constata que el diagnóstico de representaciones mentales tiene que ser continuado y procesual para que tenga eficacia.

Rodríguez (1997, 1999) lleva a cabo dos revisiones bibliográficas, una relativa a la enseñanza aprendizaje de la estructura y el funcionamiento celular, y otra relativa a la enseñanza de la Biología y la investigación en el estudio de la célula, con ellas se pretendió determinar el papel que ejerce el conocimiento de la célula en el aprendizaje de la Biología, y de igual manera reseñar las dificultades en el aprendizaje y enseñanza de este concepto. Estas revisiones incluyeron las contribuciones de investigaciones y artículos relacionadas con célula, que arrojaron los siguientes resultados que evidencian dificultades con el aprendizaje de la célula:

Tabla 1: Revisiones bibliográficas.

Autor	Planteamiento
Pérez (1986)	No existe conocimiento del nivel celular, sólo el nivel orgánico
Dreyfus y Jungwirt (1988)	Alarmante nivel de no interiorización de aspectos sobresalientes del tópico de célula viva y la idea general de que la célula viva es la unidad básica de la vida se ha vuelto tristemente ausente de una gran parte de la población analizada
Dreyfus y Jungwirt (1989),	Se considera la célula viva como idea abstracta para el alumnado y las experiencias de los niños y la vida diaria tienen mayor influencia que el aprendizaje escolar, se observan por ello concepciones antropomórficas con respecto a la célula
Barros, et alli (1989)	No siempre se asocia crecimiento del individuo a reproducción de células y se considera el segundo postulado de la teoría celular (la célula es la unidad funcional del organismo vivo) como el aspecto más complicado para su aprendizaje
Caballer y Giménez (1992)	Se incorpora más la estructura celular en animales que en vegetales, esta estructura se ve limitada cuando se aplica a situaciones concretas, aun asumiendo la estructura celular no se asocia con funciones fisiológicas, el nivel de comprensión y aceptación de la célula como unidad funcional es muy bajo en todos los niveles estudiados

Díaz, et ali (1993)	Se representa una célula idealizada y en dos dimensiones y se incluyen pocas organelos, se sugiere sustituir el uso de una célula tipo por una amplia variedad de células lo que puede producir la construcción de un modelo de célula más adecuado
Banet y Ayuso (1995)	Muchos jóvenes opinan que los vegetales no tienen células
Díaz de Bustamante Jiménez (1996)	La idea del aspecto celular es muy alejada de la realidad, escaso conocimiento del aspecto, de la forma y de las estructuras celulares y la percepción del contenido celular es bastante pobre
Wanders (1996)	El uso de células prototípicas simples para enseñar conceptos biológicos llave parece ser menos efectivo que el de microfotografías pequeñas múltiples y para aprender la distinción pro-eucariota de manera significativa debe estudiarse microfotografía electrónica actual complementado con el tratamiento experimental
Berrabín y Sánchez (1996)	Se detecta una errónea aplicación de la teoría celular al tamaño de los organismos y es frecuente observar una representación plana de la célula originada por los esquemas y dibujos de los libros
Rodríguez y Palmero (1997)	Las representaciones sobre la estructura y el funcionamiento celular suponen un obstáculo epistemológico esencial a la hora de comprender y conceptualizar el funcionamiento de los seres vivos, la investigación educativa muestra que no se tiene asimilada la idea de célula de forma significativa, asimismo evidencia importantes resistencias para alcanzar un aprendizaje científicamente aceptado relativo a la misma y a su funcionamiento, una vez aplicadas estrategias dirigidas a su superación
Durfort (1998),	Se constata el total desconocimiento de los estudiantes en lo que se refiere a las dimensiones de la célula y de los organelos, la idea del tamaño es fundamental en cualquier tipo de estudio de la célula
Rodríguez y Moreira (1999),	La célula es un concepto que se corresponde con una entidad física, real, pero que opera en la mente de los alumnos como ente abstracto y que se construye a partir del discurso por lo cual la concepción de modelo científico

	requiere la construcción de modelos mentales.
--	---

Fuente: Rodríguez (1997, 1999)

Estas revisiones bibliográficas engloban los resultados en algunas categorías a saber:

Tabla 2: Categorías da análisis de revisiones bibliográficas.

Categoría	Descripción
Célula	Los resultados detectan un problema común, la ausencia de comprensión biológica de los seres vivos por desconocimiento y ausencia del significado de la célula como su unidad constituyente, es decir, aunque se asume desde la definición que éstas forman parte del ser vivo, no se entiende la relación que guarda como unidad funcional en la estructura compleja del ser vivo a la vez que éste es un sistema y cada una de sus células funcionan como subsistemas, por lo cual aportan a la estructura macro, toda vez que realizan las funciones que realiza el ser vivo
Disciplina	Llama la atención que una de las investigaciones obtenga como resultado que la estructura y el funcionamiento celular sea el tema menos valorado de la biología por parte del alumnado, ya que algunos estudiantes manifiestan que estos contenidos son difíciles
Nivel de organización celular	Se detecta desconocimiento o muy baja comprensión del nivel celular, observándose contradicciones, incluso para considerar a los seres vivos como seres constituidos por células, asignado carácter celular a los animales y no tanto a vegetales, e incluso, desconociendo la relación estructura-función. Si se aplica el concepto de célula se hace de forma parcial e incompleta y se detecta una errónea aplicación de la teoría celular al tamaño de los organismos, recurriéndose a criterios relativos al comportamiento y no a criterios morfológico-estructurales o fisiológicos
Procesos vitales	Se observa que los estudiantes tienen grandes problemas para comprender que son todas y cada una de las células de un organismo pluricelular las destinatarias de los nutrientes; se conoce la composición celular y se asumen las funciones celulares pero se yuxtaponen conocimientos memorísticos a

	concepciones mecanicistas, por ejemplo en lo referente a la respiración.
--	--

Fuente: Rodríguez (1997, 1999)

Comenta Rodríguez en la revisión hecha, que son pocos los trabajos que han tenido como objeto de estudio la célula, que es evidente a juzgar por lo expuesto, que la estructura y el conocimiento celular están planteando serios problemas en el terreno de los aprendizajes relativos a la biología en diferentes campos de la misma. La adquisición del conocimiento biológico supone la superación de estos problemas, por ello apunta algunas sugerencias producto de la misma revisión: no parecen comprenderse las características definitorias de los seres vivos, y, consecuentemente, de sus unidades constituyentes; las dificultades relativas a la célula podrían provenir de la imposibilidad de imaginar o representar una célula haciendo procesos que se asignan a niveles macroscópicos ya que se le atribuyen conductas y funciones de organismos superiores. Solo cuando se comprenda y aplique el concepto de célula, se podrá comprender la necesidad de digestión, absorción, y otras funciones, es decir, desde la visión de sistema las células son capaces de realizar las mismas funciones del ser complejo en su dimensión y no necesariamente éstas se expresan desde lo macro sino también desde lo micro; por ello, es necesario reestructurar el concepto de cuerpo como sistema de integración celular. La autora concluye que lo más destacable de los resultados obtenidos en estos trabajos es la enorme dificultad que los jóvenes están teniendo en el aprendizaje y en la aplicación de un concepto, tan fundamental para organizar y estructurar el pensamiento y el conocimiento biológico, como es la célula y su funcionamiento.

Como conclusión de la revisión de los antecedentes de investigación consultados, se evidencian problemas en la enseñanza y aprendizaje del concepto célula en los siguientes aspectos:

- ✓ Las diferentes ideas e imágenes de la célula en su representación ya sean estáticas o dinámicas.
- ✓ La poca relación entre estructuras y funcionamiento celular.
- ✓ La relación entre lo micro y macro generalmente lleva a entender la vida a partir de lo visible, por lo cual no se concibe en organismos unicelulares o microscópicos.
- ✓ La imagen mental que se tiene de la célula en un solo plano.
- ✓ La selección de los contenidos relacionados con lo celular no responden a la identificación de las ideas que tiene los estudiantes sobre el concepto.
- ✓ La célula es más un conocimiento abstracto que concreto.
- ✓ Pocas relaciones entre las estructuras celulares y su fisiología.

- ✓ El acercamiento al concepto desde la teoría con poco complemento en el aspecto experimental y uso del microscopio.
- ✓ La ausencia de la construcción del concepto desde su estructura histórica y epistemológica, lo cual puede conllevar a los problemas descritos anteriormente.

Frente a ello, la construcción del concepto (estructura conceptual que en ciencias abarca toda la construcción en donde los resultados parte de la estructura contienen la definición para su aplicación) célula recupera la historia y la epistemología reconociendo el valor pedagógico para la enseñanza y aprendizaje del concepto en ciencias. Además la construcción del concepto célula nos remite a la historia de la Teoría Celular en la cual estaría la conceptualización de los elementos celulares, porque el concepto se encuentra inmerso en una teoría que da sustento a su elaboración; la célula en su definición y relaciones conceptuales se enmarcan en la teoría celular que sustenta la composición de lo vivo desde lo biológico, por ende contiene los principios y demás conceptos para la explicación de la vida.

Lo descrito muestra que lo consultado no aborda de manera directa y amplia lo histórico y epistemológico del concepto o de la teoría misma, es más un diagnóstico de ideas para enunciar propuestas de trabajo en el tema; por esto se hace importante recuperar los elementos que desde la historia y la epistemología toman un sentido pedagógico para la enseñanza de las ciencias en la escuela.

En el siguiente capítulo, se presenta el problema de investigación formulado a partir de las dificultades referenciadas en los antecedentes y que permitieron su planteamiento, justificación y definición para el desarrollo de la investigación.

3. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los documentos consultados y ya referenciados en el capítulo anterior, nos permiten entonces plantear que en la enseñanza del concepto célula generalmente el profesor de primaria ha transmitido definiciones como “la unidad estructural y funcional de todo ser vivo” que los niños repiten casi siempre sin entender lo que significa y sin comprender las relaciones de sus partes u organelos. Parte de esta dificultad de aprendizaje del concepto tiene tres explicaciones:

1. Los textos escolares, aquellos textos guías didácticos con los cuales los estudiantes de educación básica siguen los contenidos de la clase y desde los cuales algunos profesores preparan la clase contienen aspectos básicos y muy generales como la definición de célula, sus partes y funciones abordados de manera general o elemental; a diferencia de los textos técnicos, aquellos producidos para consultas más especializadas y de mayor consulta en educación superior, profundizan y por lo menos ofrecen más herramientas conceptuales que permiten al profesor un mayor acercamiento del conocimiento común del estudiante al conocimiento de las ciencias que sería más significativo cuando el profesor conoce el concepto que enseña. Lo común de estos dos tipos de texto es que no abordan el concepto desde su historia y epistemología con lo cual se desconocen aspectos relacionados con su origen que permiten entender cómo se da la construcción de los postulados y las teorías que explican lo vivo desde el fundamento celular.

2. Al abordar el conocimiento celular desde las definiciones, entendida como resultado de la construcción conceptual que se sintetiza en el “que es”, desconoce toda una construcción histórica y epistemológica del concepto ubicando la enseñanza en un modelo de transmisión y a la ciencia en un plano lineal e idealista en la producción del conocimiento.

3. La práctica docente generalmente replica el modelo de llevar al aula los conocimientos científicos de los textos escolares y dicha práctica no obedece a una reflexión de un proceso investigativo que permita generar alternativas frente a la enseñanza de las ciencias; por lo cual adquiere un valor importante la construcción de propuestas didácticas que permitan transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje que se dan en las escuelas.

De esta manera es como en la enseñanza de la célula al no tener en cuenta la historia y la epistemología termina expresando el concepto en términos de

definiciones, asumiendo que no basta con saber el qué es, sino que también es importante saber cómo, dónde, quiénes y en general cómo se construyó lo que hoy conocemos como una definición de la célula y sus partes. Una definición que lleva a aprendizajes memorísticos y generalmente desarticulados que se limitan a contar parte de toda una conceptualización hecha por años; de esta manera recurrir a la historia es conocer los hechos y tiempos en los cuales fueron generando conocimientos y sobre todo paradigmas; la epistemología para entender su origen, los porqué de ese conocimiento. Esos elementos frente a la definición contextualizan el conocimiento pero además ubican al profesor y al estudiante en un marco de análisis diferente y de entendimiento de lo que se enseña y aprende, así que las definiciones formaran parte y no serán todo de ese marco.

Con relación a lo anterior, los aportes de la historia y la filosofía de las ciencias, relacionados con la enseñanza de las ciencias naturales, nos permiten argumentar que un concepto no se agota solamente en la definición; un concepto es producto de todo un proceso dialéctico basado en el descubrimiento, en la búsqueda de nueva información; es una construcción colectiva que parte de la formulación de una pregunta, la cual sintetiza un problema de la vida cotidiana. Este problema, Zambrano (2000), sustenta que se encuentra contextualizado en una teoría, es decir, el problema se detecta u observa dentro de una teoría o paradigma existente bajo el cual se inicia un proceso de estructuración del concepto. La búsqueda de respuestas da paso a un procedimiento (que puede ser experimental, en el caso de las ciencias naturales) para solucionarlo, así se van formulando resultados que se expresan en principios, leyes y teorías; estos resultados son los que aparecen planteados en los textos escolares como definiciones (conocimiento científico escolarizado). Finalmente, los resultados serán evaluados para su aplicación en la vida cotidiana y casos complejos.

Visto el concepto desde esta perspectiva, asumimos que es importante iniciar un trabajo desde la escuela que genere otras dinámicas y formas de ver y estudiar las ciencias, es intentar que la escuela a través de la enseñanza no muestre el conocimiento de las ciencias naturales como una simple acumulación de información o de aparición de teorías postuladas por un ser único, además que cuando se enseñan solamente definiciones se descontextualizan los conocimientos de las ciencias, los cuales hemos ilustrado como una construcción histórica y epistemológica.

Dentro de esta estructura del concepto se ubica la célula como construcción histórica y epistemológica del hombre, definida como una unidad estructural y funcional de todo ser vivo, definición que dentro de la estructura del concepto en ciencias (Zambrano, 2000), es un resultado del proceso que es lo que generalmente se enseña en el aula de clases: que es la célula, sus partes y funciones.

Problemas como los anteriormente descritos tienen que ver con la enseñanza del concepto célula, ya que desde la estructura del concepto se debe acudir a los referentes que llevaron a su construcción y a entender los problemas que dentro de la Biología fueron paradigmas y puntos de referencia para el debate y consolidación del conocimiento biológico.

Frente a esto es importante retomar la importancia de la construcción que a través de la historia trae consigo el conocimiento científico, el cual debe ser abordado de una manera más amplia y menos reduccionista.

En este sentido, para poder construir una alternativa al modelo de enseñanza tradicional de la célula (visto éste desde la definición), se hace necesario indagar desde la historia y la epistemología dónde se enmarca éste concepto, en qué teoría, para identificar los problemas, paradigmas, procesos experimentales, debates, hipótesis y resultados que en las distintas épocas se obtuvieron para contar con el conocimiento que hoy tenemos sobre la célula.

Otro elemento a tener en cuenta es que la enseñanza del concepto no se puede limitar a transmitir una información contenida en los textos escolares sin indagar cómo se ha construido o cuáles son los referentes para esa transposición didáctica, es por esto que recobra importancia la enseñanza del concepto a partir de su historia y epistemología para la enseñanza significativa del concepto.

De esta manera se busca rescatar el valor que tiene la historia desde los hechos que llevaron a la construcción del concepto como de igual forma el valor de la epistemología en el análisis y explicación de aquello que movía a los grandes pensadores en la formulación de sus postulados y teorías alrededor de lo vivo y no vivo. Así mismo esta revisión permite entender su aplicación didáctica que lleve al profesor a ubicar la enseñanza en un plano más crítico y analítico para el estudiante donde la estructura del concepto en ciencias permita un viaje a través de los hechos que llevaron a lo que hoy conocemos como la célula. Ahora bien al abordar las preguntas de investigación se construye un documento de referentes históricos y epistemológicos complementario a lo que los textos escolares contienen que ofrece herramientas conceptuales y didácticas para que se oriente una clase de manera diferente y con una concepción distinta de las ciencias, por lo tanto se espera que el estudiante aprenda de manera más contextualizada donde los conceptos adquieren mayor relevancia y articulación para su aplicación en el mundo de la vida. Por esta razón la investigación indaga sobre el valor del concepto célula desde la historia y no pretenderá ser un texto más que identifique las partes y funciones celulares (al respecto existen

muchos textos de la ciencia), es así como se debe entender que desde la revisión bibliográfica se parta de entender la historia de la teoría celular.

Lo que evidencia alguna revisión bibliográfica hecha sobre célula, es que los debates, posicionamientos, hipótesis y posturas sobre lo vivo, de una u otra manera se establecían desde teorías relacionadas con lo celular, es decir, se acudía a principios y postulados que explicaban la composición de la materia viva, sin necesariamente tener una definición de “célula” como la que hoy conocemos, era más un conjunto de explicaciones que relacionaban a los seres vivos.

Esta investigación tiene como objeto la formulación de una propuesta didáctica de enseñanza del concepto célula teniendo en cuenta su historia y epistemología, pero además al asumir la enseñanza de las ciencias estamos comprendiendo que dentro de ésta se encuentra el estudiante con sus procesos de aprendizaje, él desde sus propias concepciones del mundo construye conceptos y reorganiza las ideas previas para estructurar su propio conocimiento. Es además importante el contexto en el cual se desarrolla la investigación, por eso se toman los grados cuarto y quinto de Educación Básica primaria perteneciente al ciclo II de Estándares Básicos de competencias donde se empieza a profundizar con relación al conocimiento de la célula y además porque a las edades de 10 y 11 años se puede iniciar un aprendizaje más significativo que permita consolidar conceptos que posteriormente en la Educación Básica secundaria, media y universitaria serán de mayor utilidad o significancia para los estudiantes.

Si encontramos que aún en la escuela se enseña el concepto desde la definición o sin tener en cuenta la estructura del concepto en ciencias naturales, entonces es válido preguntarnos: ¿Cómo contribuye pedagógicamente la construcción histórica y epistemológica del concepto célula a su enseñanza y aprendizaje en el aula?

4. PROPÓSITOS

4.1 PROPÓSITO GENERAL

Construir una propuesta para la enseñanza del concepto célula a partir de su historia y epistemología con estudiantes del ciclo II grados cuarto y quinto de Educación Básica primaria.

4.2 PROPÓSITOS ESPECÍFICOS

1. Definir los elementos centrales para el análisis histórico epistemológico
2. Realizar una revisión bibliográfica sobre la construcción del concepto célula
3. Determinar el sentido pedagógico y didáctico que adquieren los elementos históricos y epistemológicos del concepto que sirven de referente para la enseñanza al profesor de Ciencias Naturales.
4. Explorar las ideas previas que los estudiantes poseen sobre el concepto célula para analizar y relacionar los obstáculos en relación con la historia y epistemología del concepto.
5. Realizar el análisis del plan de estudios y del texto escolar de ciencias naturales que se sigue en la institución para la enseñanza del concepto

5. REFERENTE CONCEPTUAL

Para la justificación de la investigación de la construcción de una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto célula a partir de su historia y epistemología, se tuvieron en cuenta tres referentes conceptuales que se desarrollan en este capítulo: La estructura del concepto en ciencias (Zambrano, 2000), Los obstáculos epistemológico (Bachelard, 1948), La teoría celular (Albarracín, 1983)

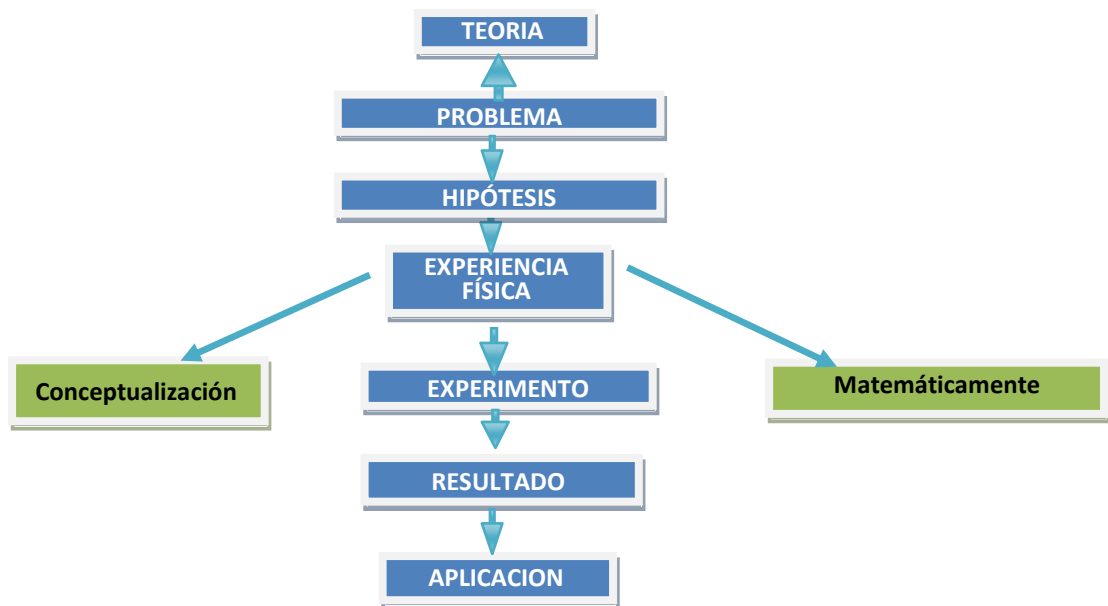
Además, para la construcción de la propuesta didáctica se consideraron los siguientes referentes conceptuales, que también se describen en este capítulo: Analogías, modelización y experimentación. Estos elementos permiten desde lo didáctico, plantear una propuesta que de manera diversa aborda la enseñanza, teniendo en cuenta las dificultades que con relación al concepto célula se han referenciado, lo cual hace indispensable ofrecer herramientas para que el profesor de ciencias naturales complemente su método y encuentre en ellas una alternativa para que el estudiante aprenda diferente.

5.1 ESTRUCTURA DEL CONCEPTO EN CIENCIAS (Zambrano, 2000):

Los aportes de la historia y la filosofía de las ciencias relacionados con la enseñanza de las ciencias naturales, nos permiten argumentar que un concepto no se agota solamente en la definición; un concepto es producto de todo un proceso dialéctico basado en el descubrimiento, en la búsqueda de nueva información; es una construcción colectiva que parte de la formulación de una pregunta, la cual sintetiza un problema de la vida cotidiana. Con relación al problema, Zambrano (2000) sustenta que éste se encuentra inmerso en una teoría, es decir, el problema se detecta u observa dentro de una teoría o paradigma existente bajo el cual se inicia un proceso de estructuración del concepto. La búsqueda de respuestas da paso a un procedimiento (que puede ser experimental, en el caso de las ciencias naturales); a partir de allí se van formulando resultados que se expresan en principios, leyes y postulados que dan origen a las teorías (modelos explicativos de la ciencia); estos postulados son los que aparecen planteados en los textos escolares como definiciones (conocimiento científico escolarizado). Finalmente, la utilidad de los nuevos descubrimientos radica en que puedan tener aplicación en la vida cotidiana.

Retomando al profesor Zambrano (2000), con relación a la estructura del concepto en las ciencias (FIGURA 1), el concepto es visto como una construcción desde la historia a la luz de la epistemología de las ciencias, donde se define un problema inscrito en una teoría, el cual desde la lógica de la experiencia, la lógica conceptual, la lógica matemática y la lógica teórica, generan un proceso experimental que arroja resultados y establece una red conceptual de relaciones, posteriormente pasa por la evaluación y su respectiva aplicación.

Figura1: Estructura del concepto en ciencias naturales



Fuente: Zambrano (2000).

Visto el concepto desde esta perspectiva, asumimos que es importante iniciar un trabajo desde la escuela que genere otras dinámicas y formas de ver y estudiar las ciencias, es intentar que la escuela a través de la enseñanza no muestre sesgo y fragmentación en el conocimiento de las ciencias naturales, el cual se ha ilustrado como una construcción histórica y epistemológica.

Dentro de esta estructura del concepto se ubica la célula como construcción histórica y epistemológica del hombre, ya que si viene cierto ha sido definida como una unidad estructural y funcional de todo ser vivo, es ésta una parte de la estructura conceptual (la definición), tal como se presentó en los apartados anteriores, es un resultado del proceso que ha permitido sintetizar y de una u otra manera “materializar” en el aula un conocimiento de la ciencia. Pero frente a esto es importante retomar la importancia de la construcción que a través de la historia trae consigo el conocimiento

científico, el cual debe ser abordado de una manera más amplia y menos reduccionista.

En este sentido, para poder construir una alternativa al modelo de enseñanza de la célula, se hace necesario indagar desde la historia y la epistemología dónde se enmarca el concepto célula, en qué teoría: para identificar los problemas, paradigmas, procesos experimentales, debates, hipótesis y resultados que en las distintas épocas se obtuvieron para contar con lo que hoy sabemos sobre célula. Por esta razón la investigación recuperará el valor del concepto célula desde la historia y no pretenderá ser un texto más que identifique las partes y funciones celulares (al respecto existen muchos textos de la ciencia), es así como se debe entender que desde la revisión bibliográfica partamos de entender como más adelante se detallará, la historia de la teoría celular.

5.2 EL VALOR PEDAGÓGICO DE LOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS (Bachelard, 1948):

Bachelard (1948) plantea que el problema del conocimiento científico desde una mirada psicológica se debe considerar desde la noción de obstáculos.

Estos obstáculos están referenciados desde la mirada de la propia construcción del conocimiento, es decir, en la acción misma de conocer, que es donde aparecen en palabras de Bachelard “los entorpecimientos y las confusiones”. Éstos, han generado en las ciencias debates y polémicas que para las ciencias han implicado estancamiento y retroceso, pero podemos hablar del estado de inercia que indica que alrededor del conocimiento existe una dinámica propia de la cultura del debate que lleva a que los nuevos planteamientos sean refutados y defendidos para su legitimación; son a estas fuerzas a las que se han denominado obstáculos epistemológicos. Algo que llama la atención es que los obstáculos presentan una ley psicológica de la bipolaridad de los errores, es decir, siempre se presentan por pares, por lo tanto el dilucidar el obstáculo es ir en contra de un conocimiento contrario, por ejemplo de una experiencia básica a una experiencia científica.

Con relación a los obstáculos Astolfi (1998) afirma:

...los obstáculos están particularmente arraigados, puesto que cambiarlos implica en cierta forma, abandonar una parte de sí mismo. Podemos describir seis características principales de los obstáculos de la siguiente manera:

-Su positividad: el obstáculo no es ignorancia, ni un bloqueo psicológico, sino que implica una saturación de conocimientos previos, inmediatamente movilizados equivocadamente por la mente.

-Su facilidad: el obstáculo es una facilidad que se concede la mente para seguir razonando de manera sencilla, inmerso en la comodidad intelectual, gracias al juego fácil de analogías, de metáforas (demasiado) satisfactorias, de pares de oposiciones binarias, etcétera.

-Su interioridad: contrariamente a lo que sugiere la etimología (obstare mantenerse adelante), el obstáculo no es aquello contra lo cual vendría a tropezar el pensamiento, sino que está en el pensamiento mismo, en las palabras, en la experiencia cotidiana, en el inconsciente... El error ocupa el centro mismo del acto de conocer y es la sombra proyectada de la razón, hasta el punto que no se puede soñar con un aprendizaje sin obstáculo.

-Su ambigüedad: toda representación es a la vez una herramienta necesaria y una fuente potencial de errores. Los obstáculos no lo son en sí mismos, ya que los razonamientos que movilizan pueden a priori ser válidos. Se hablará más bien de una función obstáculo cuando esos modos de pensamiento legítimos se utilizan para la resolución de problemas para los que no se adecuan. Lo que constituye un obstáculo es el uso ilegítimo, fuera de sus límites de validez, de un determinado sistema cognitivo, que por lo demás también tiene sus virtudes.

-Su polimorfismo: el carácter proteiforme del obstáculo lo lleva a situaciones y adherencias múltiples, pues no se limita al campo racional, sino que a menudo extiende ramificaciones hacia el plano afectivo, emocional, fantasmático, mítico...

-Su recursividad: sólo retrospectivamente el obstáculo se nos presenta como lo que es. Es el pasado de la razón, cuando ésta se vuelve sobre sí misma para juzgarse. Por ello decía Bachelard que no hay que confundir los fundamentos con los comienzos... Tomar conciencia de los obstáculos nos vuelve modestos y nos lleva a la ironía, e incluso a reírnos de nosotros mismos⁴.

Astolfi (1998) dice que la relación didáctica – obstáculo epistemológico radica no en la superación misma del obstáculo, sino más bien en la identificación de éste, de tal manera que se haga conciencia del mismo para que posteriormente se “controle”. De ello se abstrae lo siguiente:

⁴ Astolfi, J. (1999). El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. En: Educación y Pedagogía. Vol. XI. No 25. p. 159 – 160.

1. Desde la noción de obstáculo recurrimos al entendimiento del fundamento de las ciencias como tal, para hacer estudio de sus procesos, autores, debates y conflictos.
2. Entender la historia y epistemología del conocimiento implica entender desde el obstáculo lo que generó “inercia” en la producción del conocimiento.
3. La validez de lo anteriormente planteado en lo pedagógico, recae en hacer conciencia de lo que genera dificultad en el aprendizaje de las ciencias, de tal manera que podamos hacer uso de las ideas previas que se tejen alrededor del obstáculo.

Demos una mirada desde el análisis de los obstáculos para intentar relacionarlos con lo pedagógico, en tal sentido, se dice que si volvemos al pasado en términos de recurrir a la historia del conocimiento (solamente hoy podemos juzgar los errores del pasado), encontraremos errores o como lo ha denominado Bachelard un “estado de arrepentimiento intelectual”, la importancia de acudir a lo histórico y epistemológico permite en el aprendizaje de ese conocimiento entender aquellos obstáculos que muestran la dinámica del quehacer científico, pero para qué?: para entender cómo se han construido los conceptos y proyectemos una imagen de las ciencias no lineal sino con altibajos, no estática sino en constante cambio, no acumulativa sino con rupturas, no exclusivamente científica sino social propia de la época en la cual se generó el debate. Pero es de importancia también, romper con la “transmisión” del conocimiento dado, pasar de las definiciones, teorías, leyes y principios de los textos y de la escuela a la comprensión de los mismos, para no volvernos acumulativos y dogmáticos; encontrar en el pasado los obstáculos que para la enseñanza pueden de igual manera generar la inercia en la construcción de los conceptos: cómo un paradigma o una postura de determinada época que hoy consideramos ya superada, puede ser la misma que se tenga mentalmente hoy la cual no permite apertura a otros conceptos?

Afirma Bachelard (1948) que aquello mal adquirido obstaculiza la espiritualización, viene a jugar un papel importante en esta idea el valor de las ideas previas construidas a través de la experiencia y de la escuela, siempre se conoce con ideas en la cabeza, cuántas de éstas no generan obstáculo para unas nuevas? ¿Cómo una idea arraigada fuertemente es un obstáculo para un nuevo conocimiento?, lo que se afirma es que en la enseñanza de las ciencias los preconceptos muchas veces tienen la edad de la época en la que se generó la controversia (prejuicios) y no admite la superación de la idea misma: “frente a lo real, lo que cree saberse ofusca lo que debiera saberse”⁵. En este marco los obstáculos se ubican en un plano

⁵ Bachelard. G. (2000). La formación del espíritu científico. Siglo veintiuno editores, México. Vigesimotercera edición. P. 16.

más general al de las ideas previas, ya que éstas pueden surgir al interior del obstáculo, es decir, lo que surge como obstáculo epistemológico en la apropiación de un conocimiento ha generado ideas previas sobre lo que se aprende, identificar el obstáculo y establecer las conexiones entre ideas permitirá una evolución en el conocimiento.

Otro aspecto es el relacionado con la opinión, la cual para el conocimiento científico llega a ser de poco valor porque no está sustentada en la razón, es decir, podríamos plantear que no es un dogma el conocimiento de las ciencias pero es un principio en sí mismo el poder de argumentación y de sustentación, el cual en la opinión muchas veces está cargada de la primera impresión sin bases para explicarla, se llama la atención que en lo educativo estas opiniones no se deben asumir como simples emisiones de juicios, la trascendencia está en poder pasar de comentar a sustentar y debatir, no es opinar por opinar; es llegar a la construcción del conocimiento científico para tener las herramientas que permitan construir desde las ciencias. Por eso, desde lo educativo se deben tener en cuenta los prejuicios, las ideas previas o las “opiniones” para entender las ciencias, pero mucho cuidado, no para explicar las ciencias sino para construir en ellas mismas.

La opinión como tal impide la formulación clara de un problema, el conocimiento se encuentra formulado desde problemas que llevan a la búsqueda de respuestas, de ahí que la formulación del problema sea clave para la investigación. En lo educativo se debe recuperar el valor de la pregunta, la problematización de las situaciones y de los fenómenos llevan a generar más que respuestas preguntas, por lo cual hay que indagarse constantemente. Es aquí donde la formulación del problema, de la pregunta debe ser concreta y no abstracta, porque de lo concreto se parte para el entendimiento y producción del conocimiento. Frente a esto Bachelard dice que el conocimiento empírico está cargado de analogías, metáforas, podríamos decir que de opiniones, las cuales al ser racionalizadas van perdiendo abstracción, porque le interesa a las ciencias y a sus hombres es poseer conocimiento y por ello se debe interrogar “mejor” a la naturaleza.

Se ha venido planteando la razón como fundamento del conocimiento científico, el autor afirma que ésta dinamiza la investigación pues ella trasciende de la experiencia común a la experiencia científica. En el conocimiento indagar sobre él implica recurrir a la historia y a la epistemología, con una diferencia clara entre las dos; la historia recurre a las ideas para analizarlas como hechos (cronología), por el contrario la epistemología deberá asumir los hechos como ideas. Por eso un hecho mal interpretado seguirá siendo para la historia un hecho, por el contrario un hecho mal interpretado para la epistemología llegará a ser un *obstáculo*, porque son esos tipos de conocimientos errados los que generan en el camino de las ciencias tropiezos en su evolución. Se puede encontrar en la

historia del conocimiento como una misma palabra denota diversos conceptos, pero “la palabra designa y explica al mismo tiempo” (designación igual pero explicación diferente).

En este sentido una palabra puede designar muchas cosas, por ejemplo: célula puede adquirir concepciones diferentes para un sociólogo (unidad social) o para un albañil (un ladrillo), y que dentro de un conocimiento común puede ser usada sin tener un referente biológico; por eso la importancia de la epistemología en establecer los orígenes del concepto, establecer redes conceptuales que lo diferencien uno de otro, por lo cual el concepto en las ciencias adquiere una connotación particular contextualizada (hablar el mismo idioma) con lo que se supera una dificultad o un obstáculo al interior del concepto.

Miremos como en la educación se establece la relación obstáculo epistemológico - obstáculo pedagógico cuando se alude que los profesores no comprendemos porque no se comprende “los profesores de ciencias se imaginan que el espíritu comienza como una lección, que siempre puede rehacerse una cultura perezosa repitiendo una clase, que puede hacerse comprender una demostración repitiéndola punto por punto. No han reflexionado sobre el hecho que el adolescente llega al curso de física con conocimientos empíricos ya constituidos; no se trata, pues, de adquirir una cultura experimental sino de cambiar una cultura experimental, de derribar los obstáculos amontonados por la vida cotidiana” (Bachelard, 1975, p. 21), de esta manera el “método” de enseñanza genera determinadas prácticas y con ello determinados aprendizajes, cerrar la mente al cambio implica privar a otros de evolucionar en sus aprendizajes, por eso no asumir el error del “método” es seguir en el error es perpetuar el obstáculo; no solamente la dificultad está en el método, también está en desconocer los obstáculos epistemológico del conocimiento para su enseñanza. De igual forma, el obstáculo presenta resistencia por lo cual no se puede pretender superarlo con la simple clase magistral en la enseñanza de los conceptos científicos.

Dentro de los obstáculos Bachelard describe los siguientes: la opinión como base sin razón para el conocimiento científico; la experiencia básica u observación básica la cual es cargada de sensaciones y percepciones de imágenes pintoresca por lo cual entre observación y experimentación hay ruptura; lo verbal de la falsa explicación lograda mediante una palabra explicativa, el sustancialismo explicación de las propiedades por la sustancia, el animismo en las ciencias físicas.

Estos obstáculos están inscritos en ciertas épocas del conocimiento científico, los cuáles podrían distinguirse en tres periodos:

1. “El estado pre científico que comprende la antigüedad clásica, el renacimiento, abarca los siglos XVI, XVII y XVIII.

2. El estado científico en preparación a fines del siglo XVIII, XIX y comienzo del XX.
3. El nuevo espíritu científico en 1905, a partir de esta fecha la razón multiplica sus objeciones, disocia y reconfigura las nociones fundamentales”⁶.

5.3 EL SURGIMIENTO DE LA TEORIA CELULAR:

Para entender un poco el surgimiento de una concepción contenida en una teoría es necesario entender el problema o los problemas que en la época llevan al pensamiento biológico a explicar todo lo relacionado con la materia y la vida, es así como se empieza a gestar toda una corriente capaz de resolver las dudas y dar explicaciones satisfactorias, válidas y científicas a lo que hoy conocemos como la Teoría Celular, que en las líneas siguiente se describirán como todo un proceso de gestación, dudas, conflictos y debates que al final permitirán llegar a la producción del conocimiento que en el mundo actual orienta los principios de todo aquello que adquiere la categoría de vivo en lo fundamental del nivel celular.

Es importante anotar que en la revisión histórica y epistemológica del concepto célula, no se acude exclusivamente a éste, sino que se llega a él desde la construcción histórica de los diferentes descubrimientos de la estructuras celulares y de los principios que rigen la explicación de la vida; todo esto contenido en la producción de la Teoría Celular con sus exponentes Schwann y Schleiden en la parte animal y vegetal respectivamente.

La Biología al igual que la teoría celular empiezan a transitar a partir de posiciones filosóficas apoyadas en las ciencias físicas, ciencias que tienen su fundamento en lo objetivo⁷ y generalizable, lo cual le ha dado a la física la posición entre las ciencias de promotora o base para el desarrollo y aplicación de la biología y la química.

Para Singer (1950), existían dos obstáculos propios de la biología: 1. la relación con el experimento y 2. Las modalidades de teorización, lo que implicaba, una modificación profunda de la sociedad científica, y el descubrimiento de una problemática y de procesos de pensamiento propios de la biología, en una época en que los sabios eran generalistas, filósofos profundamente influenciados por el notable desarrollo de las ciencias físicas. Por lo cual para la física del siglo XVII no resultaba tan difícil obtener datos

⁶ Ibid., p. 9

⁷ Desde el objetivismo, consiste en la idea de que los cuerpos están hechos de partes que tienen una existencia y propiedades independientes totalmente de la existencia de los observadores.

reproducibles y generalizables, simplemente precisaban las coordenadas espacio temporales para lograr tal objetivo.

Las ciencias naturales han definido que para que una observación reproducible desemboque en una explicación científica, debe permitir extraer hechos generales, lo cual resultaba fácil en mecánica o física, por ejemplo, el plano inclinado servía de paradigma, es decir, ilustraba el principio fundamental sobre el que se fundaba en la teoría. Ahora bien, los fenómenos biológicos parecen caracterizarse por presentar excepciones, y escapan por ello a una racionalización reductora.

Tal como plantea Giordan et al (1988), los objetos de la biología no son los del realismo simple, sino que se construyen progresivamente mediante confrontación de situaciones concretas y el afrontamiento de las excepciones: éstas lejos de ser obstáculo, constituyen una condición de progreso. Como se data, durante la primera mitad del siglo XVII, la biología pasa de ser una reflexión filosófica sobre las ciencias particulares para llegar a una explicación de la vida a partir de paradigmas cuyas explicaciones se someten a control experimental, “la investigación en biología tropieza siempre con la dificultad de establecer proposiciones generales, de no poder apoyarse en hechos generales, por usar el lenguaje positivista de los sabios del siglo pasado”⁸.

La falta de consensos y el recurrir a las ciencias físicas generó en la biología una producción de conocimientos no aceptado unánimemente, es decir, el paradigma⁹ debería cambiar teniendo en cuenta lo filosófico con una base objetiva o cinética.

El problema fundamental de la Biología es el esclarecimiento entre la relación estructura vida: materia vida, es decir, de qué está constituido un organismo para adquirir la categoría de vivo. En esa relación se ha sometido la vida a la materialización, es decir, la materia ha sido utilizada por el biólogo para explicar la vida. Desde este objeto de estudio de la disciplina, la historia muestra que durante los siglos XVII y XVIII el problema que moviliza los diferentes intentos de generación de teorías es la búsqueda de la composición de la materia viva ¿de qué están compuestos los organismos? ¿Cuál es la materia fundamental de todo ser vivo? ¿Existe un elemento esencial y primordial que permita sustentar el origen de las especies y con ello explicar las funciones y relaciones entre la materia viva?, éstos y otros interrogantes muestran el camino seguido por muchos investigadores, no solamente Biólogos, tiempo atrás de haberse publicado la teoría celular, la

⁸ Giordan, A. Et al. (1988) Conceptos de biología. Editorial Labor S.A. Barcelona. P. 17.

⁹ Visto como el cuerpo de conocimientos existentes para la época (filosófica) que sirve de referente o patrón.

cual será el referente al igual que sucede con la teoría evolutiva, para las más importantes generalizaciones en Biología con relación al concepto vida.

En la revisión de antecedentes históricos que permiten una idea de los elementos que precedieron a la formulación de la teoría, su construcción y alcances de la misma; han sido tenidos en cuenta los siguientes textos: “La teoría celular” de Agustín Albarracín, “El conocimiento de la vida” de George Canghilhem, “Conceptos de biología” de André Giordan, y “La lógica de lo viviente” de François Jacobson, entre otros; a los cuales se hará alusión a lo largo del texto.

El momento histórico propio de la época en la cual se desenvolvían y efectuaba una serie de conjeturas, hipótesis, y conocimientos alrededor de la materia viva, está ligado a una corriente dominante en las explicaciones de la vida denominada el vitalismo, que en los siglos XVIII y XIX, expresa que la diferencia entre lo viviente y no viviente se atribuye a un principio constitutivo y operativo, el principio vital o fuerza vital.

Con relación al pensamiento vitalista de la época, tomado de Florkin (1960):

“...se admitía generalmente en esta época, en cada ser, la existencia de una fuerza única particular, denominada fuerza vital. Se imaginaba que esta fuerza reunía las moléculas en organismos, casi del mismo modo que un arquitecto construye una mansión, de acuerdo con una idea, aunque sin tener conciencia de ella. Se consideraba que esta fuerza actuaba en cada tejido, otorgándole lo que Müller designaba su energía propia. La contractilidad, por ejemplo, era la energía propia de los músculos y la irritabilidad, la de los nervios. Según Müller, los fenómenos de la vida se distinguen de los de la naturaleza inerte, en que los agentes que se aplican sobre un órgano vivo no hacen más que provocar la energía propia del tejido, de modo que el efecto es el mismo sea cual fuere el agente aplicado y la sustancia a que se aplica. Así que un músculo no hace más que contraerse, sea mecánico, químico, eléctrico, etcétera, frente al agente que se le aplica, mientras que un ácido que actúa sobre una base produce una sal, que no es ácido ni base”.¹⁰

El vitalismo pierde vigencia en la década de 1840 a 1850, el experimento empieza a replantear el tema de la vida. Frente a esto aparecen biólogos negando la presencia de una fuerza vital, apoyándose en los métodos analíticos y experimentales propios de la física y la química.

Ya en la medida que se avanza en el tiempo los descubrimientos van generando ciertos cambios en los conceptos, por eso en el primer cuarto del siglo XIX se había demostrado la existencia de células con paredes

¹⁰ALBARRACIN, T. A. (1983). La teoría celular. Alianza editorial S.A. Madrid. P 61

incluyendo líquidos en los vegetales que no existían de manera similar en los animales. Además la tradición de Hooke y Grew constituiría un impedimento para comprender la naturaleza de la célula; como de igual forma existía confusión por el uso de términos aislados como “tejido celular” y “glóbulo”. Es decir, al no haber criterios únicos o mejor aún un referente capaz de llegar a generalizar y a unificar conceptos lo que encontramos son esfuerzos dispersos por caracterizar la vida, de allí que existieran aún discrepancias así se hablara de células como la unidad fundamental. En palabras de Kuhn es preciso que surja una nueva teoría para que los científicos vean cosas nuevas y diferencias al mirar con instrumentos conocidos y en lugares en los que ya habían buscado antes; por lo tanto todos los estudios y descubrimientos permanecerán en esa controversia de la denominación porque aún no hay o no existe la teoría que agrupe los conocimientos producidos para esa época.

Los conocimientos y estudios empiezan a desentrañar más minuciosamente estructuras más y más pequeñas, es así como en 1830 Robert Brown realizó estudios a través del microscopio sobre el movimiento en células y descubre en 1831 el núcleo en plantas fanerógamas.

Pero también algo importante en el recorrido y la construcción de conocimientos es la aparición de la tecnología, que muestra que en la producción de saber no es solamente lo que el hombre indaga en lo estructural, sino también cómo lo hace, y por ello las investigaciones también se dan en el campo de las tecnologías con la generación de instrumentos capaces de “esclarecer” las más recónditas estructuras del mundo micro; de esta manera Purkinje en 1832 en la Universidad de Breslau adquieren un microscopio acromático, con el cual, en asocio de su discípulo Valentín, describieron en 1835 el movimiento ciliar y el epitelio de varios animales; de tal manera que se afirma que Purkinje en algunos aspectos tenía una mejor comprensión que los mismos Schleiden y Schwann.

Desde 1835 ya es de conocimiento general el núcleo en células vegetales y organismos inferiores. En los animales los descubrimientos de células mostraban heterogeneidad (algo diferentes en vegetales) por lo cual recibían diferentes nombres, por ejemplo: Purkinje denominó vesícula germinal al núcleo del huevo de la gallina.

En 1835 con el uso de un microscopio acromático Brown describe el movimiento ciliar y los epitelios de células en varios animales. Por todo ello se anota que el conocimiento es toda una empresa donde a quienes se les atribuye la teoría no se encuentran solos, previo a ellos existen una serie de estudios. Es de resaltar que toda la reconstrucción histórica del conocimiento, para este caso de la teoría celular, permite indagar por aquellos aspectos que hace de las ciencias un conjunto de conocimientos no

dogmatizados, ni llenos de verdades absolutas, ni estáticas, ni lineales, porque nos damos cuenta que lo que es reconocido por la comunidades académicas tienen un inicio, un pasado el cual hay que develar para entender que es todo un colectivo de relaciones, las cuales van hilando lo que para hoy es como es y que una u otra forma es transpuesto en la escuela para su enseñanza. Nada existe aislado, nada es unitario, ni mucho menos acumulativo, la historia y la epistemología nos dejan ver a través de la venda de la “ceguera mental” que en realidad existen rupturas y obstáculos en la generación de conocimiento, elementos de conflicto normales que han generado inercia en las ciencias y también dinámicas diferentes en la movilización de descubrimientos y promulgación de teorías, que a veces para nosotros y reflejado en los textos pareciera que es un autor, un científico o un hombre el que genera saber como por arte de magia o porque se iluminó en un momento dado.

En 1835 era reconocido el núcleo en células vegetales y en organismos inferiores al igual que la pared celular. Ya en 1840 se dan los inicios de la primera teoría celular con Johanner Müller quien realizaba investigaciones en la naturaleza celular de la notocorda de peces mixinoideos análoga a células vegetales, en células pigmentadas y las del tejido graso. Henle discípulo y colaborador de Müller aporta en este conocimiento con sus estudios a partir de las observaciones microscópicas, lo cual abonaba el terreno para Schleiden y Schwann.

Los problemas fundamentales a los que se va a ver enfrentado el biólogo en el siglo XIX, son:

1. la estructura del elemento denominado célula: no era éste el concepto unificado para hacer referencia a una estructura componente de los organismos, encontramos que a finales del siglo XVII hay un conocimiento que predomina y que orienta disertación alguna cuando de hablar de estructuras se refiere, predomina la teoría de la fibra, con este precedente, en el siglo XVIII los biólogos dan la interpretación a las vesículas o vejigas (descripción hecha por Grew, quien no uso el termino célula) una, como ente real; y dos, como un intersticio o cavidad.

Para Haller son intersticios cavernosos en una malla tridimensional de fibras (tejido celular-tejido areolar); donde células equivalen a areolas o cámaras. Para Wolf equivalen a vesículas o poros.

En este mismo sentido Brisseau-Mirbel reintroduce el termino célula sin citar a Hooke, y la define como un espacio ocupado por un líquido surgido en una matriz homogénea en principio. Ludolf C. Treviranus y Karl Rudolphi ven en la célula un ente real, no una mera cavidad. Y vemos como Klein muestra que a finales de este siglo y sin conocer la obra de Hooke, Stefano Gallini, de Padua y Jacob realizan un viraje en el uso del término cuando sostenían en sus escritos que los animales están compuestos de células.

En el siglo XIX el botánico Kurt Sprengel introduce el término célula retomando a Hooke y lo hace definiéndola como una cavidad de forma diferente comunicada entre sí. Ludolf Treviranus y Dutrochet definen la célula como una unidad singular aislable, que crece, se reproduce por sí misma y que además elabora sus propios materiales nutritivos. En 1830 Meyen en Alemania antes de Schleiden y Schwann introduce la idea de unidades fisiológicas en la célula.

2. “el status de célula dentro de la jerarquía orgánica: si la célula es considerada como materia “¿cuál es su papel respecto a la vida? Las cuestiones, muy finamente apuntadas por Hall son múltiples: ¿existe una entidad u operación no material ni mecánica? ; ¿en qué se fundamenta? ; ¿qué efectos se supone que produce? ; ¿cuál es el status ontológico? ; ¿es material? ; ¿es dinámica? ; ¿de naturaleza simple o compleja? ; ¿natural o sobrenatural? ; ¿posee propiedades sensibles o de carácter psíquico? ; ¿se las puede considerar exclusivamente como causa de organización corporal, o más bien como consecuencia suya? Cuestiones éstas a las que debe ser añadida otra más fundamental todavía: ¿seguirán los biólogos del siglo XIX, tras el establecimiento del paradigma de la célula, apoyándose en los viejos conceptos de fuerza vital sostenida tanto por los fibrillaristas como por los globulistas?”¹¹. El conocimiento biológico al igual que en otras disciplinas parte de interrogarse y de preguntarle a la naturaleza por aquello que es un misterio, una duda , una incógnita o algo desconocido, desde lo cual se investigará; por eso estos interrogantes anotados por Albarracín muestran todo un movimiento en perspectiva de lo que sería el pensamiento para la Biología alrededor de lo vivo, además porque esta matizado aún por el vitalismo, como lo habíamos reseñado anteriormente también por conceptos de la fibra, el glóbulo, tejido, entre otros; pero a lo que se quiere hacer énfasis es que la teoría celular va precedida de preguntas complejas de debate y cuestionamiento en el planteamiento de lo vivo. Tal como hoy vemos en la escuela desde la biología aún lo vivo es transversal en el conocimiento de la vida, lo cual denominaríamos es un concepto estructurante para la biología y para la enseñanza, así como existen otros conceptos transversales en otras áreas del saber; interesante además la movilización a través de la pregunta.

Continuando con lo encontrado en la historia, previo a los trabajos de Schleiden y Schwann casi todo se dice, nada se concreta ni generaliza sobre el elemento constituyente de los organismos. Perdura el vitalismo entre 1800-1850, posterior a este periodo los estudios de corte experimental van a dar un paso frente a los estudios teóricos e hipótesis. Hooke a quien se le

¹¹ Ibid. P 25

atribuye el descubrimiento de la célula como estructura, decía: “la verdad es que, hasta el presente las ciencias naturales han sido, sobre todo fruto de la actividad del cerebro y la fantasía; ya es hora de volver a la simplicidad y a la seguridad de las observaciones referidas a objetos y materiales accesibles directamente a la experiencia”¹², en dicha época parece ser muchos de los conocimientos de la ciencia eran más un producto de lo que pensaron o imaginaron muchos hombres sustentados en la razón y en la explicación del razonamiento humano, pero sin el apoyo de la experimentación y las observaciones directas del fenómeno. Entonces desde la observación directa él estableció las propiedades físicas del material, pero además se preguntó sobre la convergencia entre animales y vegetales y estableció una comparación de la red de vasos que observo en el corcho con la circulación animal, ello evidencia que ya en ese entonces los primeros indicios de clasificar los seres vivos, de entenderlos y de conocerlos estructuralmente contaba con evidencias experimentales

El descubrimiento de la célula se le atribuye a Robert Hooke en el año 1667, cuando se encontraba haciendo observaciones en corcho y detallo que lo que veía tenía apariencia a un panal de abejas, dichas formas hexagonales o celdas las denominó células, también le causa curiosidad las redes de vasos comunicantes a lo largo de la estructura, de las cuales asumió deberían ser vías para la conducción de la savia.

Es curioso, podríamos pensar que Hooke iba tras la caza de dichas estructuras, pero como se encuentra en alguna bibliografía, parece ser que el problema que movía a éste tenía que ver con la estructura de materiales, es decir, determinar texturas, tamaños, formas, que en el caso del corcho, podría afirmar que era liviano, poroso y frágil; y no un problema de tipo biológico.

Por esta fecha, ya era usado aunque de manera artesanal el microscopio, encontramos a Leeuwenhoek quien construía sus propios microscopios, aparatos simples de lentes que marcaron el paso de lo macro a lo micro. Así mismo en este tiempo aparecen obstáculos epistemológicos en las observaciones celulares, ya que muchos investigadores a través de sus observaciones tenían interpretaciones diferentes, por ejemplo, Hooke veía células, Malpighi veía vesículas y Haller fibras; obstáculos que generaban no solamente diferentes posiciones, sino también en la relación experimental con la teorización, porque al surgir interpretaciones diferentes con ello explicaciones y razones científicas diversas para dar validez a su conocimiento.

Es así como surgen diferentes teorías o hipótesis para explicar los seres vivos, Grew hablo de la existencia de una sustancia plástica fundamental que los conformaba; otros a explicarlos a partir de las observaciones comparadas

¹² Giordan. Op. Cit., P. 10.

en diferentes organismos y estructuras; y otros hablaban de una unidad fundamental existente en los seres vivos.

Todo este proceso de controversias y posturas lo que evidencia es como se construyen conocimientos en las ciencias, de manera metafórica esto se recoge en la siguiente frase “casi siempre, una teoría considerada nueva viene precedida de un lento trabajo de gestación, de esfuerzos dispersos, de tentativas fragmentarias. Al fin llega un momento en que las ideas que están en el aire, cristalizan de alguna manera, encuentran su expresión completa en el pensamiento de un <<hombre superior>> que aparece en el momento favorable y le estampa su sello personal”¹³, ello muestra como el conocimiento de la ciencia es todo un proceso de construcción, de debates y contradicciones para poder construir lo que hoy sabemos de la ciencia, de igual manera ocurre con los conceptos, se encuentran inmersos en una teoría; un problema, que en la época genera un conocimiento válido y moviliza una construcción; una experimentación, una explicación y se obtienen unos resultados para su aplicación.

“La idea nueva de Oken de la que va a emerger poco a poco la teoría celular, consiste en establecer un acercamiento entre los grandes animales y los seres microscópicos, de ver en estos los elementos de los que están constituidos, en suma, concebir los seres vivos complejos como formados por la asociación de seres vivos simples”¹⁴.

SCHLEIDEN Y SCHWANN:

Schleiden, nace en Hamburgo el 5 de Abril de 1804 y muere en Frankfurt el 23 de Junio de 1881, hijo de un médico municipal. Estudio leyes, de lo cual se sintió insatisfecho. Psíquicamente desequilibrado intenta suicidarse en 1831 y deja su labor como abogado, para en 1833 iniciar estudios de medicina en Gotting con énfasis en Botánica con F.G Bartling, influenciado por su tío Johann Horkel, e impulsado espiritualmente por Alexander Von Humboldt y Robert Brown.

En Berlín se encuentra con Schwann, ayudante de Müller y en 1839 recibe el título de doctor en filosofía en Jena.

Su obra no solamente es teórica, contiene investigación inductiva y analítica-causal, apoyada en la experiencia como fundamento del conocimiento científico.

Schleiden se encuentra inmerso en una época donde a inicios del siglo XIX predomina en Europa (sobre todo en países de habla alemana) por una parte

¹³ *Ibíd.* P. 15.

¹⁴ JACOB. F. La lógica de lo viviente. Editorial Salvat. P. 112

una filosofía natural trascendental kantiana apoyada en la crítica del conocimiento y en la dinámica cosmológica de las fuerzas fundamentales; existe otra filosofía natural más desde la metafísica; posteriormente una metafísica natural más desde la matemática y lo científico. Ello implica una matematización del conocimiento y desde la praxis.

Desde Kant, todo conocimiento comienza con la experiencia, pensamiento que impacta en las ciencias naturales ya que el fenómeno se conoce es por medio de la experiencia, una realidad expresada desde lo que el sujeto observa y no de la realidad, tal cual como se presenta.

Schleiden aporta cuatro puntos fundamentales a la teoría:

1. La célula vegetal es la unidad elemental constitutiva de la estructura de la planta.
2. La célula se origina en una gelatina compleja, a través de un proceso que se inicia con la aparición en ella de los nucléolos; en torno a éstos surgen los núcleos o citoblastos; sobre éstos la aparición de una tenue vesícula que va creciendo paulatinamente, da lugar a la célula adulta.
3. El proceso de crecimiento de la planta estriba en la multiplicación de las células dentro de otras células, salvo en los órganos leñosos en los que la coagulación de un líquido da lugar a la formación súbita del tejido celular.
4. El status celular¹⁵

Schwann, nace en Neuss am Rhein el 7 de Diciembre de 1810. Estudio medicina en Bonn de 1829 a 1831, de ahí con Johannes Müller, profesor de fisiología. Concluye su formación médica en Berlín y es aquí en el año 1833 donde culmina su obra histológica. Muere en Colonia el 11 de Enero de 1882, víctima de una embolia.

Introduce el método físico científico natural en fisiología frente a la fuerza vital, frente a la energía propia de cada órgano o tejido, entra en plano más de lo físico y lo químico de los fenómenos vitales, fruto de una mente racionalista y cartesiana y de posiciones científico naturales. Frente al vitalismo de su maestro Müller, Schwann tiene un planteamiento con una visión diferente: "Fuerza simple, diferente de la materia, la fuerza vital, tal como se suponía, formaría el organismo de idéntico modo que un arquitecto que construye un edificio siguiendo un plan, pero un plan del que ella (fuerza vital) no tiene conciencia; daría además a nuestros tejidos lo que se llamaba la energía propia, a saber, las propiedades que distinguen los tejidos vivos de los tejidos muertos; los músculos le serían deudores de su contractilidad, los

¹⁵ Albarracín. (1983). Op. Cit., PP55-56.

nervios de su irritabilidad, las glándulas de su función secretora. He aquí, en palabras lo que era la doctrina de la escuela vitalista:

Yo no he podido concebir jamás la existencia de una fuerza simple que cambiaría por sí misma su modo de acción, con objeto de realizar una idea, sin poseer no obstante los atributos característicos de los seres inteligentes; he preferido siempre buscar la causa de la finalidad, de la que la naturaleza entera ofrece testimonio hasta la saciedad, no en la criatura, sino en el creador, y siempre de este modo he rechazado, por ilusoria, la explicación de los fenómenos vitales tal como era concebida por la escuela vitalista. He sentado, por principio, que estos fenómenos tienen que ser explicados como los de la naturaleza inerte¹⁶.

Schwann, que según la expresión de Florin era un racionalista místico, se zafó de este dilema alejándose de los filósofos de la naturaleza para adoptar la posición de Kant, quien distingue dos puntos de vista complementarios: el de la explicación científica, que sólo se refiere a los datos accesibles a la experiencia y que compete una perspectiva mecanicista; y el del significado de los fenómenos observados, que define los problemas y los objetos específicos de la biología¹⁷.

Schwann plantea frente a la formación de células, que las partes fundamentales de animales y vegetales son producto de una fuerza idéntica formadora a través del mismo fenómeno: la formación celular, “en un principio existe una sustancia amorfa, situada dentro de las células o entre ellas en las que se forman de acuerdo con determinadas leyes, células, las cuales se desarrollan de modo diverso en las partes elementales de su organismo. El proceso se repite en la formación de los órganos y en la de los nuevos organismos”¹⁸.

Los estudios de Schwann sobre la cuerda dorsal y cartílago llevan a profundizar los estudios tejidos animales para encontrar la formación de células con los núcleos de células vegetales. Encuentra que el origen y crecimiento de las células en animales son semejantes en los vegetales con núcleo, membrana y vacuola; de manera semejante con las actividades que ocurren en ellas: nutrición y crecimiento.

Con ello se ha derrumbado una pared divisoria fundamental entre el reino vegetal y animal, la diferencia de su estructura. Conocemos la significación de las partes singulares de los llamados tejidos animales,

¹⁶ Florin (1960). En: ALBARRACIN, T. A. (1983). La teoría celular. Alianza editorial S.A. Madrid. P 61.

¹⁷ Ibid. P.24

¹⁸ Albarracín. (1983). Op. Cit., P. 67

en comparación con los de las células vegetales, y sabemos que en estos tejidos, células, membrana celular, contenido celular, núcleos y corpúsculos nucleares son totalmente análogos a las partes homónimas en las células vegetales¹⁹.

En 1869 se cuenta con una definición de célula que ofrece los siguientes elementos:

Ampliando así el campo de observación a toda la naturaleza viviente, la palabra célula, adoptada para el reino vegetal, perdió su significación etimológica de cavidad rodeada de una membrana: se convirtió en un término fisiológico, que designaba esa forma primitiva común, bajo que aparecían, desde su origen, todas las partes elementales de los organismos. M. Schwann intentaba reconocer lo que hay de esencial en este elemento primitivo de todo lo que vive. No es la existencia de una capa alrededor de un núcleo. Definió la célula como un cuerpo compuesto de varias capas superpuestas, que se desarrollan de tal manera que la capa interna preceda a la capa externa. Ordinariamente existen tres de estas capas: nucléolo, núcleo, célula; a veces, dos solamente: en cada capa, la superficie puede permanecer sólida. Esta definición es verdadera todavía en el estado actual de la ciencia²⁰.

En relación con el problema que caracteriza a un ser vivo Schwann rechaza una posición animista y se orienta más a las razones físicas y químicas, pero expone la existencia de la materia a una fuerza superior inteligente.

Sobre la acción de las células:

Hemos visto –concluye Schwann- están compuestos de partes esencialmente iguales, a saber, de células; que estas células se forman y crecen de acuerdo con las mismas leyes en esencia; que, por tanto, estos procesos deben ser producidos por las mismas fuerzas. Ahora encontramos que cada una de estas partes elementales, que no se diferencian de las restantes, pueden crecer separadas del organismo y autónomamente, por lo que podemos concluir que también cada una de las restantes partes elementales, cada célula, posee ya en sí la fuerza para atraer nuevas moléculas y para crecer; que, por consiguiente, cada parte elemental posee una fuerza peculiar, una vida independiente, en virtud de la cual estaría en condiciones de desarrollarse autónomamente

¹⁹ M. U. (1910). En: ALBARRACIN, T. A. (1983). La teoría celular. Alianza editorial S.A. Madrid. P. 65

²⁰ Florin. (1960) En: ALBARRACIN, T. A. (1983). La teoría celular. Alianza editorial S.A. Madrid. P 73

cuando le son ofrecidas las condiciones externas bajo las que se encuentra en los organismos²¹.

Las propiedades de un ser no podía ser atribuida a un todo, sino a cada parte, a cada célula que posee un cierto modo de vida independiente, Schwann se preguntaba ¿acaso es el huevo de los animales no es otra que una célula capaz de crecer y multiplicarse por sí sola?; no reside en la totalidad del organismo, sino en sus partes elementales.

Según Müller a los principales resultados a los que llegó Schwann fueron:

1. Las partes elementales más diferentes de los animales y las plantas se desarrollan de un modo común: su origen es, en todos los casos, una célula.
2. En cada tejido solo se forman células nuevas en los puntos donde penetran elementos nutritivos nuevos; de ahí la diferencia entre tejidos que contienen vasos y los que carecen de ellos.
3. Las células son pequeños órganos en los que residen las fuerzas que dirigen la resorción y secreción.

Schwann no se propone únicamente poner de manifiesto la existencia de una unidad anatómica para todos los seres vivos, sino que trata de explicar, ante todo, los caracteres generales de su fisiología por medio de una misma unidad funcional.

Frente a la publicación y promulgación de la teoría celular surgen preguntas problema, que empezaron a movilizar debates y posiciones epistemológicas, de acuerdo a los paradigmas existentes ¿se puede explicar la materia viva a partir de una misma unidad funcional?, y ¿es el organismo una asociación de células, o se descompone en células?, preguntas que dan validez a la teoría como elemento de conocimiento para la biología.

La teoría admite dos lecturas, según se parta de un punto de vista mecanicista o de uno finalista; éste segundo insiste en que la célula es un dato que el hombre no puede obtener hoy por hoy, y que posee propiedades que le permiten mantener su actividad y reproducción. En 1846, Kuss de Estrasburgo emplea la expresión *el misterio de la célula: y dice, ya es hora que la fisiología deje de recurrir a los fenómenos de endósmosis y exosmosis para explicar hechos que pertenecen esencialmente a los organismos vivos, para fundamentar por fin la investigación en los elementos esencialmente vivos, es decir, lo celular*. Por el contrario, los mecanicistas como Haeckel veían en la célula una etapa del aumento de la complejidad de la materia viva. La vida se definía como el modo de existencia de los cuerpos albuminoides

²¹ M. U. (1910). Op. Cit., P 75-76

(Engels), o mejor, como el producto de una interacción entre moléculas ordenadas²².

En este sentido, intentar tomar partido por una posición u otra implica contextualizar los puntos de debate, de tal manera que adquiera relevancia el argumento que de explicación al fenómeno u objeto en estudio; será a la vez imperativo acudir al mecanicismo, teniendo en cuenta que las explicaciones biológicas están cargadas del positivismo al igual que las ciencias naturales.

La teoría celular ha permitido el constante enfrentamiento de los puntos de vista mecanicistas y finalistas en el plano experimental, así como el replanteamiento de la formulación de las preguntas y en la interpretación de los hechos; así ha podido liberarse de las trampas de los dogmatismos y renovarse.

5.3.1 FUENTES BÁSICAS PARA LA HISTORIA DE LA TEORÍA CELULAR²³

Se resaltan algunos momentos y descubrimiento relacionados directamente con el concepto de célula, sin desconocer lo importante de aquellos descubrimientos que dieron pie al entendimiento de la estructura y fisiología celular.

La primer mención del vocablo célula: HOOKE, R. *Micrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses*, London 1665.

Descubrimiento y denominación del núcleo vegetal: BROWN, R. *Observations on the organs and mode of fecundation in orchideae and Asclepiadeae*, London 1833.

Consideración de la Célula como unidad elemental de los tejidos vegetales: SCHLEIDEN, M. *Beitrag zur Phyto-genesis*, *Arch. Anat. Physiol. Wiss. Med* (1838): 137-176

Ampliación de tal consideración también a los tejidos animales: SCHWANN, Th *Mikroskopische Untersuchungen uber die Uebereninstimmung in der Struktur und Wachstum der Thiere und Pflanzen*, Berlin 1839.

Primera visión celular del organismo: HENLE, J. *Allgemeine Anatomie. Lehre von den Mischungs – und Formbestandtheilen der menschlichen Korpers*, Leipzig 1841.

²² *Ibíd.* P.24.

²³ ALBARRACIN. T. (1983) *Op. Cit.*, P. 289

En este recorrido quedan establecidos estos y otros descubrimientos que durante el siglo XIX proporcionaron información suficiente para sustentar la teoría celular para explicar y unificar a los seres vivos que existían en la época y que sustentan la vida hoy en el siglo XXI. Es así como a partir del descubrimiento de la célula por Robert Hooke y los planteamientos fundamentales de Schleiden y Schwann surgen los cuatro postulados vigentes de la teoría:

1. Todos los organismos vivos están formados por una o más unidades vivas o células
2. Cada célula puede mantener sus propiedades vitales en forma independiente del resto, pero las propiedades vitales de cualquier organismo están basadas en las de sus células.
3. La célula es la unidad de vida más pequeña y claramente definida.
4. Las células se originan siempre a partir de otras células.

La escuela ha fortalecido la enseñanza de las ciencias, entre ellas la biología, llena de certezas y de pocos errores, con lo cual se ha familiarizado al estudiante con un conocimiento al cual no hay que modificar elemento alguno.

En el caso de la teoría celular, deberíamos preguntarnos si esta situación se debe simplemente a una tradición cultural o si tiene algún pensamiento epistemológico: ¿se limita el pensamiento biológico a una mera aplicación de los métodos de la física y de la química a una categoría particular de objetos, presenta aspectos específicos que deben ser reconocidos por la institución escolar?²⁴

“En realidad la célula no es una simple construcción del intelecto, como el concepto energía en física. No cabe duda que hay que acabar con el realismo simplista que tiende a basarse en casos particulares y artefactos que convierten los sistemas dinámicos en formas estáticas”²⁵.

Finalmente, se describen los referentes conceptuales que se tuvieron en cuenta para el diseño de la propuesta didáctica:

5.4 LOS MODELOS Y LA MODELIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA CÉLULA:

Gutiérrez (2007) hace referencia a la definición de modelo planteada por Minsky (1968) quien dice:

²⁴ Ibíd. P.47.

²⁵ Ibíd. P. 50-51.

Si una persona puede responder a una pregunta sobre un experimento hipotético sin realizarlo todavía, entonces con esto ha demostrado algún conocimiento sobre el mundo. Pero su respuesta a la pregunta debe ser una descripción codificada del comportamiento (en el interior de la persona) de alguna sub-máquina "o modelo" que responde a una descripción codificada de la situación cotidiana descrita por la pregunta. Nosotros [Minsky] utilizamos el término "modelo" en el siguiente sentido: Para un observador B, A* es un modelo de A [objeto real], en la medida en que [B] pueda utilizar A* para responder a preguntas [que son del interés de B] sobre A²⁶.

Teniendo en cuenta una enseñanza del concepto teórico y práctico y de conceptos abstractos como la célula, se hace necesario modelizar aquello que desde el mundo micro resulta no tan fácil de construir o imaginar. En este sentido, en la escuela se recurre a la elaboración de modelos que intenten ser lo más parecido o cercanos al objeto que se estudia.

En la vida cotidiana se entiende la noción de *modelo* como una *copia de la realidad*, como una *representación concreta de alguna cosa*. Un modelo está constituido por objetos, procesos, acontecimientos o sistemas que son externos a la mente del individuo; además, reproduce aspectos visuales o la estructura de la *cosa* que se está modelando. En todo caso, cuando se habla de un modelo, generalmente se enfatiza en la existencia concreta de *algo* (Justi, 2006: 175).

En el ámbito de las ciencias, en el que se construye y se utiliza el conocimiento científico, los *modelos* son representaciones mentales mediante las cuales razonan los científicos (Clement, 1989; Giere, 1999; Gilbert, 1993; Nersessian, 1999), que se utilizan para simplificar fenómenos complejos, para elaboración de explicaciones, para ayudar a la visualización de entidades abstractas y para la interpretación de resultados experimentales, entre otros aspectos. Además, los modelos cumplen una función como representaciones del mundo producidas por el pensamiento humano (Giere, 1999). En este sentido, se define la ciencia como un proceso de construcción de modelos con distintas capacidades de previsión (Justi, 2006:176). Además, se identifica la construcción de modelos no como una etapa auxiliar sino como un aspecto fundamental en el proceso dinámico y no lineal de construcción del conocimiento científico (Del Re, 2000; Giere, 1999; citados en Justi, 2006:176).

²⁶ GUTIÉRREZ, R. (2007). Modelos y modelización: Dificultades de la conceptualización de la física y de la química. Notas de clase. Seminario Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas. U.A.B. Barcelona. Mayo de 2007. Citado por Zúñiga, J (2007).

En todo caso, es necesario enfatizar en que un modelo no es una cosa real; el modelo nunca será igual a la realidad. El modelo es útil si nos sirve para explicar lo que queremos explicar con él. Depende de lo que se quiera saber, así mismo se modela la realidad. Dependiendo de las preguntas que se formule, el observador se mueve de un nivel de la realidad a otro, o de un sistema de la realidad a otro (Gutiérrez, 2007).

Es así como en la enseñanza del concepto célula se ha hecho uso de diferentes modelos para enseñarla, aunque la dificultad sigue siendo la de una imagen plana porque muchos de esos modelos han sido elaborados desde esa dimensión; de igual forma se recurre a otros materiales y formas para intentar mostrar una célula en tres dimensiones con estructuras internas. De manera inevitable desde lo didáctico el uso del modelo permite un mayor acercamiento al concepto que muchas veces los niños no pueden observar ya que no tienen un microscopio o aparatos sofisticados y aun así observamos la célula en un plano.

5.5 EL USO DE ANALOGÍAS PARA TRABAJAR EL CONCEPTO CÉLULA:

Tal como se ha dimensionado la enseñanza del concepto célula a través de modelos, es importante acudir a otras estrategias didácticas con el fin de generar una enseñanza significativa y un mejor aprendizaje de la célula. De ahí que las analogías son una muy buena alternativa ya que a partir de la comparación de algo familiar o cercano con el objeto a estudiar se permite al estudiante un entendimiento progresivo de la estructura conceptual que se enseña.

Por eso las analogías actúan como un puente que acorta la distancia entre aquello que el docente quiere que el alumno aprenda y lo que el alumno realmente comprende. Glynn (1991) concibe a las analogías como procesos, al señalar que una analogía es un proceso: el proceso de identificar similitudes entre diferentes conceptos (p.223). En contextos educativos, las analogías educacionales son un recurso ampliamente utilizado y su valor potencial es reconocido por diversos autores (Duit, 1991; Gentner, 1998; Glynn, 1991; Oliva, 2003; Wong, 1993; Rigas y Valanides 2004)²⁷.

²⁷ FELIPE, A. Aportes para la utilización de analogías en la enseñanza de las ciencias. Ejemplos en biología del desarrollo. Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Argentina. 2006

Felipe (2006) plantea unas fases para la enseñanza basada en analogías que permite definir una manera de abordar el concepto a partir de relaciones con objetos familiares, en el caso de la célula con ladrillos o una fábrica o una casa. Al respecto, las fases se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 3: Fases para la enseñanza basada en analogías.

Fases o pasos de la enseñanza basada en analogías

FASES O PASOS		CARACTERÍSTICAS	
1	Introducción del concepto o blanco.	Presentación del concepto a trabajar.	Pueden explorarse ideas, iniciar un ciclo de aprendizaje, brindar una explicación, etc.
2	Presentación del análogo.	Recordar o revisar con los alumnos una base conceptual o situación que sirva como referencia analógica.	Se presenta la analogía o el modelo analógico cuya familiaridad para los alumnos puede estimarse mediante la discusión y las preguntas.
3	Identificación de características relevantes del blanco y del análogo.	Explicar la analogía e identificar sus rasgos con una profundidad adecuada.	La adecuación debe ser acorde a su familiaridad para los alumnos y para la edad de los mismos.
4	Mapeo (cartografiado) de similitudes.	Se buscan las semejanzas entre el concepto y el análogo.	El docente y los alumnos identifican las principales características del concepto y establecen su paralelismo con las del análogo.
5	Indicación de dónde se rompe la analogía.	Observar y registrar las concepciones alternativas que los estudiantes pueden desarrollar y reconocer las áreas de no correspondencia.	Se debe disuadir a los alumnos de las conclusiones incorrectas que, con referencia al concepto, podrían elaborarse a partir del análogo (1).
6	Extracción de conclusiones.	Se elaboran las principales características del concepto.	Se articulan los aspectos familiares y no familiares.

(1) Se trata de "disuadir" no de "imponer".

Fuente: Felipe et al (2006).

Además de las fases planteadas, el autor plantea que el uso de esta estrategia debe contener por los menos tres puntos donde el profesor expone los puntos centrales del concepto a enseñar, posteriormente o el estudiante o el profesor elaboran la analogía desde las cuales se establecen las comparaciones y finalmente lo estudiantes establecen las relaciones hechas a través de los ejemplos; el siguiente cuadro recoge lo planteado:

TABLA 4: Puntos básicos para la enseñanza con analogías.
Puntos básicos de la enseñanza con analogías

FASE I: Presentar información relevante	El docente debe efectuar la presentación de la información más importante del tema a estudiar. Esto puede hacerse mediante la exposición y el uso de recursos didácticos variados.
FASE II: Analogía	ALTERNATIVA 1: los alumnos elaboran la analogía que representa al concepto. ALTERNATIVA 2: el docente presenta la analogía. En cualquiera de los casos, los alumnos deben efectuar comparaciones de la o las analogías con el o los conceptos que se estudian (similitudes y diferencias).
FASE III: Resumen conceptual	Los alumnos deben sintetizar las conexiones efectuadas durante la discusión del tema.

Fuente: Felipe et al (2006).

5.6 LA CÉLULA Y SU RELACIÓN CON EL EXPERIMENTO:

Un elemento básico en la enseñanza de las ciencias es el trabajo experimental fundamento epistemológico en la naturaleza de las ciencias naturales, trabajo que en la enseñanza se refleja por ejemplo en el laboratorio o en trabajos prácticos. Al respecto Hodson (1990) argumenta que: El único valor que tiene la práctica de laboratorio es alcanzar destrezas que sean útiles para la enseñanza superior y que el trabajo de laboratorio debe ser analizado en forma más crítica y por ende debe reconceptualizarse su significado en el aula de clase.

Con respecto a lo anterior, es necesario tener en cuenta que para que las prácticas de laboratorio sobre la célula y sobre otros temas que los requieran sean significativos para los estudiantes, los maestros deben planearlas de acuerdo a una la observación dirigida, al respecto Pujol plantea que *“la observación dirigida...se pasa de una observación libre a una dirigida con el propósito de que los estudiantes fijen su atención en los aspectos más relevantes, lo que genera descripciones...”*²⁸.

La demostración experimental tiene como finalidad ayudarle al estudiante a una mejor comprensión de los conocimientos adquiridos en las clases de las asignaturas que conforman las ciencias naturales. En ocasiones, es posible

²⁸ PUJOL. R. (1994). Los trabajos prácticos en la educación infantil y educación primaria. Alambique (versión electrónica). Alambique 2. P. 2.

realizar en el aula algunos experimentos, los cuales pueden ser denominados de tipo " casero"; este término indica que son sencillos y fáciles de realizar, además los materiales que se requieren no son difíciles de conseguir. Cuando el profesor se auxilia para su clase con algún experimento, su explicación es más precisa, atrae la atención del estudiante y es mucho más fácil que él comprenda los conceptos teóricos revisados o analizados. La experimentación es sencilla y atractiva cuando se efectúa con entusiasmo; en cambio la exposición teórica puede resultar indiferente, además se necesita de la motivación y el entusiasmo para atraer la atención del estudiante.

Con relación al trabajo experimental Vasco (1996) afirma que “la experimentación coherente con la epistemología piagetiana no puede ser ni tan diseñada como parece decirse en esta descripción, ni tan controlada, ni tiene que desarrollarse necesariamente en el medio escolar. Lo ideal sería que el alumno mismo pudiera orientar su actividad para poner a prueba sus propias hipótesis; que él mismo controlara las variables y los posibles errores, y que ojalá continuara sus actividades experimentales después de la jornada escolar”²⁹. No se trata de que el profesor diseñe un experimento con todas las medidas y los controles bien planeados desde su propia concepción del problema, por el contrario, los mismos estudiantes pueden diseñar experimentos que pongan a prueba sus propias hipótesis

²⁹ Ministerio de Educación Nacional. Serie Lineamientos Curriculares. Santa Fe de Bogotá. 1998. P.63

6. DISEÑO METODOLÓGICO

El problema de investigación planteado se recoge en la pregunta ¿Cómo contribuye la construcción histórica y epistemológica del concepto célula a su enseñanza y aprendizaje en el aula? ¿Cuál es el valor pedagógico de la construcción histórica y epistemológica del concepto célula para su enseñanza? Para tener una aproximación a la solución de este problema se asumió como hipótesis que el análisis histórico epistemológico del concepto célula permite la construcción de una propuesta didáctica para su enseñanza, a partir de: unos elementos centrales para el análisis histórico epistemológico, la elaboración del análisis histórico y epistemológico del concepto célula, indagación de ideas previas de los estudiantes, el análisis de datos y resultados y algunas conclusiones del proceso construido.

Elaborar una propuesta de enseñanza del concepto célula implica identificar y reconocer las etapas que llevaron a su construcción, lo cual se puede evidenciar en el estudio de su historia y epistemología. Realizar un análisis histórico epistemológico de un concepto permite reconocer los diversos elementos implicados en su proceso de construcción, a partir de los cuales es posible seleccionar los contenidos más adecuados y realizar la planificación didáctica para su enseñanza. Lo anterior pretende desarrollarse bajo una metodología de investigación cualitativa (Strauss, A. y J. Corbin, 1998), de tipo histórico epistemológico. En este caso, se realizó a través del estudio un tipo de análisis que toma elementos de la historia y epistemología de los conceptos para su aprovechamiento en la enseñanza de las disciplinas científicas.

La investigación se realiza con estudiantes de grado cuarto y quinto correspondiente al ciclo II de la Institución educativa Real Colegio San Francisco de Asís de la ciudad de Popayán (anexo 1).

Figura 2: Diseño metodológico de la investigación



Construir una propuesta para la enseñanza del concepto célula a partir de su historia y epistemología con estudiantes del ciclo II grados cuarto y quinto de Educación Básica primaria.

Es así como los pasos para la comprobación de la hipótesis (ver figura 2) son:

1. Definir los elementos centrales para el análisis histórico epistemológico: A partir de la lectura de autores que han trabajado en la historia y epistemología de la ciencia como Bachelard (1979); Canghilhem (1968); y Zambrano (2000), y de autores como Albarracín (1983), Giordan (1988) que reconstruyen el concepto célula a partir de los hallazgos en la teoría celular se extraen los elementos centrales para abordar el estudio de la historia y epistemología del concepto. Dichos elementos son necesarios para reconocer cómo se construyó el concepto célula desde una perspectiva que permita el análisis histórico epistemológico.

2. Realizar una revisión bibliográfica sobre la construcción del concepto célula para conocer desde la historia el proceso que llevó a establecer la

definición que hoy se tiene de célula y lo que a nivel celular se enseña en la escuela.

3. Determinar el sentido pedagógico y didáctico que adquieren los elementos históricos y epistemológicos del concepto que sirven de referente para la enseñanza al profesor de Ciencias Naturales. Ya que a partir de ello se puede establecer un puente entre el proceso de construcción del pensamiento a nivel celular con las ideas que los niños tienen cuando aprenden el concepto.

4. Explorar las ideas previas de los estudiantes, para analizar y relacionar los obstáculos en relación con la historia y epistemología del concepto célula a partir de los ejes centrales de análisis y los antecedentes referenciados sobre obstáculos de este concepto.

5. Realizar el análisis del plan de estudios y del texto escolar de ciencias naturales que se sigue en la institución para la enseñanza del concepto, porque se tuvo en cuenta primero, la estructura de contenidos que la institución educativa sigue para la enseñanza de la célula desde la cual se propusieron los cambios contenidos en la propuesta didáctica y segundo, el texto guía que utilizan para enseñar el concepto para plantear actividades didácticas complementarias.

6. Construir una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto célula, teniendo como base lo descrito anteriormente donde se ofrecen herramientas que - desde la didáctica - permiten al profesor abordar de manera diferente la enseñanza del concepto, ya que cuenta con el análisis de los obstáculos epistemológicos encontrados en la historia sobre el origen de la teoría celular y sobre las dificultades referenciadas en investigaciones sobre el aprendizaje de célula para terminar en una propuesta de trabajo en el aula.

7. Llegar a algunas conclusiones del proceso construido a partir de cada una de las fases planteadas en los puntos anteriores.

A continuación los siguientes mapas conceptuales (ver figuras 3 y 4) recogen las fases del diseño metodológico y establece las relaciones de cada uno de los elementos que más adelante se desarrollan en profundidad para la comprobación de la hipótesis teniendo como producto la construcción de una propuesta didáctica.

Figura 3: Fases diseño metodológico.

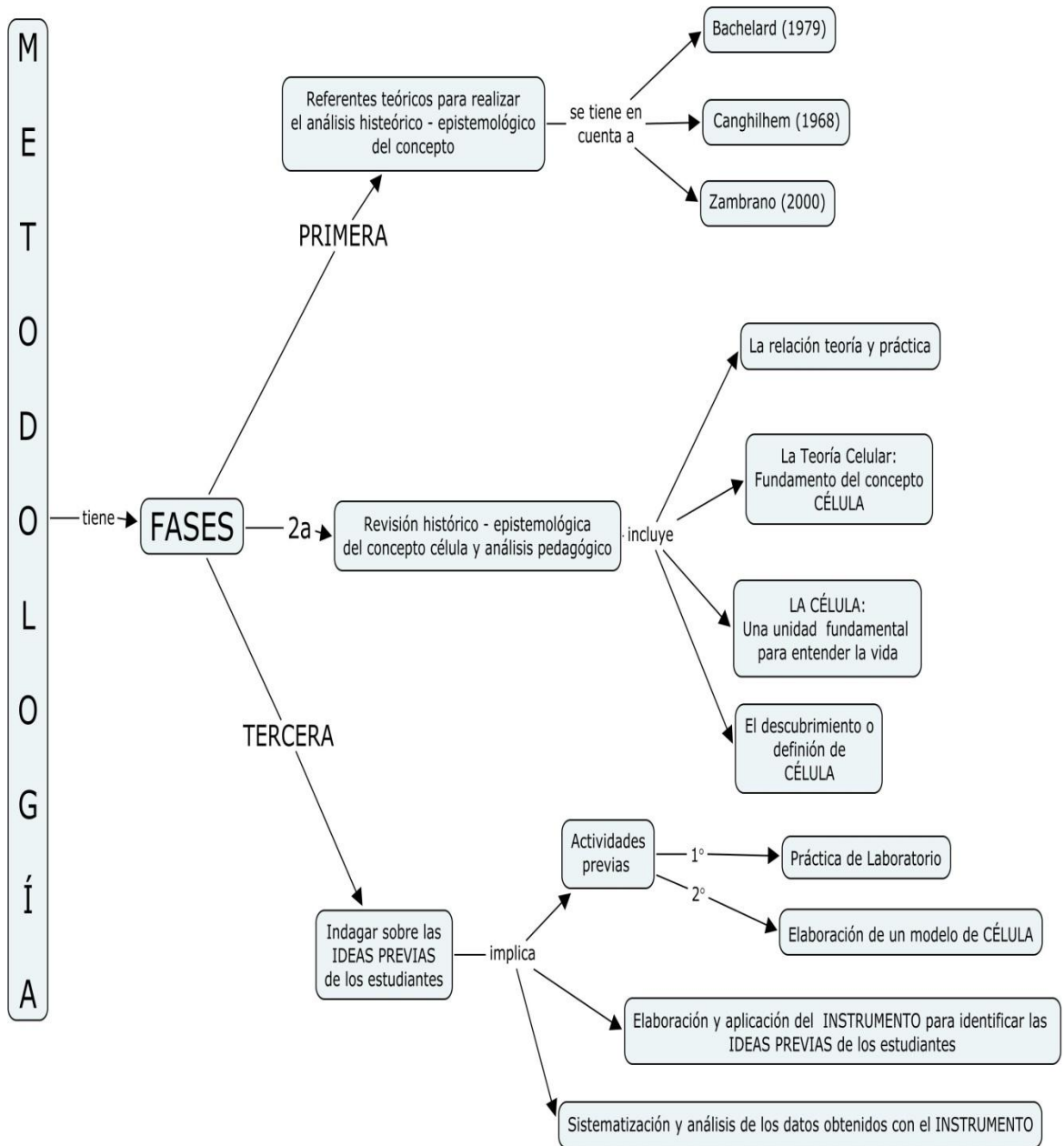
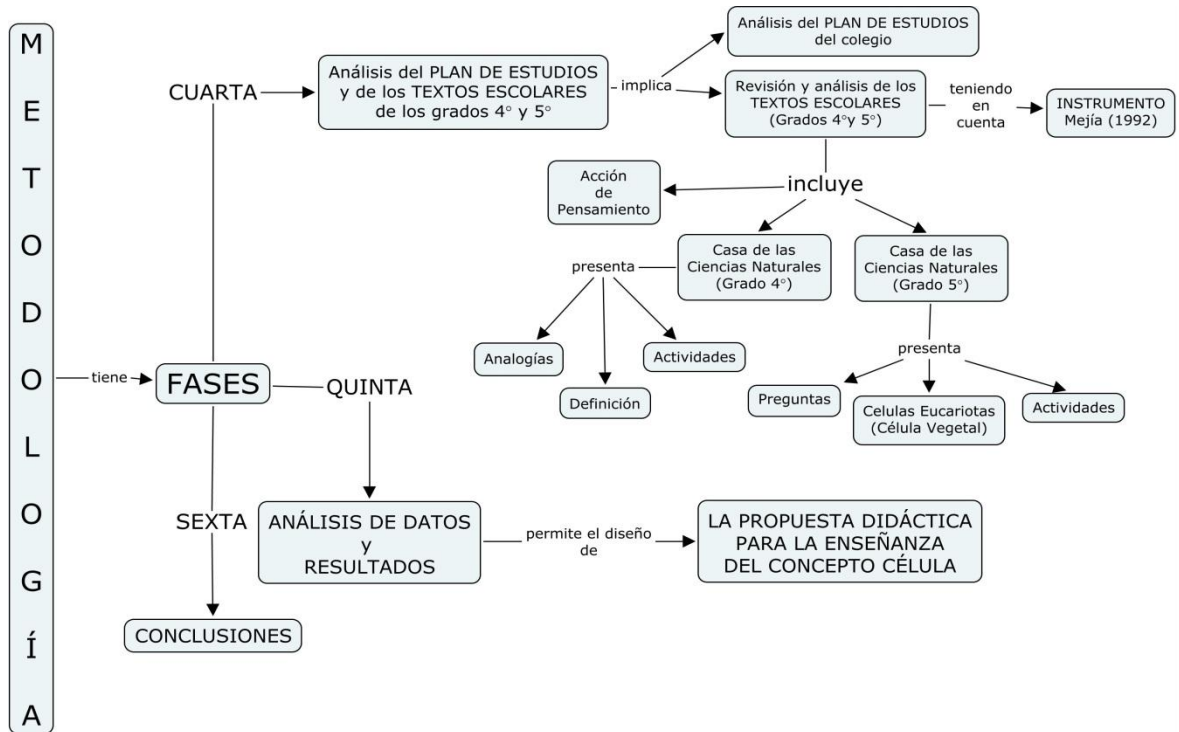


Figura 4: Fases diseño metodológico.



6.1 REFERENTES TEÓRICOS PARA REALIZAR EL ANÁLISIS HISTÓRICO EPISTEMOLÓGICO DEL CONCEPTO CÉLULA:

A partir de la lectura de autores que han trabajado en la historia y epistemología de la ciencia como Bachelard (1979); Canghilhem (1968); y Zambrano (2000), y de autores como Albarracín (1983), Giordan (1988) que reconstruyen el concepto célula a partir de los hallazgos en la teoría celular se extraen los elementos centrales para abordar el estudio de la historia y epistemología del concepto. Dichos elementos son necesarios para reconocer cómo se construyó el concepto célula desde una perspectiva que permita el análisis histórico epistemológico.

El recoger la historia detrás de la construcción del concepto célula a partir de la formulación de la Teoría Celular cobra sentido en este documento cuando a partir del análisis histórico podemos derivar los contenidos y la organización de los mismos que podrían ser parte de una propuesta de enseñanza, de este concepto en educación básica primaria para grados cuarto y quinto. Este cometido nos genera la pregunta de cómo elaborar el análisis histórico epistemológico en lo que acogemos los planteamientos de

algunos historiadores y epistemólogos de la ciencia de los cuales se logra extraer unos principios para abordar el estudio de la historia y epistemología de los conceptos.

El primer planteamiento que citamos se recoge de S. de Toulmin (1977 p. 158) en su obra la comprensión humana “Lo que une a los hombres de ciencia en su profesión es el interés compartido por las preocupaciones propias de su área disciplinar, identificadas mediante alguna que otra prueba. ¿Cómo podemos pues identificar esas preocupaciones propias, qué elementos continuos muestran las preocupaciones de los científicos de un área disciplinar en determinado periodo de tiempo; las terminologías, modelos teóricos y ecuaciones cambian? Haremos mejor en buscar la continuidad en los problemas con que se enfrentaron generaciones sucesivas de científicos y no debemos especificarlo tanto en términos de una sola o un grupo de cuestiones inmutables, más bien como una genealogía continua de problemas”. Más adelante agrega: “Si distinguimos unas ciencias de otras por sus respectivos dominios, aun estos dominios deben ser identificados no por los tipos de objetos de los que tratan si no por las cuestiones que plantea acerca de ello...Reconstruir la evolución histórica de una disciplina es rastrear las filiaciones entre los problemas cambiantes de décadas sucesivas y mostrar cómo se conservó la continuidad racional del tema a través de estos cambios”. (Toulmin 1977, p. 158) De este planteamiento podemos interpretar que la construcción del concepto surge de esas problemáticas de la época que permitieron a la Biología resolver las preguntas sobre la vida y que por los hombres se cristalizaron en postulados y teoría que hoy permiten entender la trama de la vida.

Así mismo de Bachelard (1948) plantea que el problema del conocimiento científico desde una mirada psicológica se debe considerar desde la noción de obstáculos, vistos desde la mirada de la propia construcción del conocimiento, es decir, en la acción misma de conocer. Se entiende entonces que los procesos de producción de conocimiento en las ciencias guardan relación con la forma en que cada persona accede a ese corpus teórico desde las nociones, creencias, errores e imaginarios que le permiten explicar el mundo y sus fenómenos. La identificación de los obstáculos en el aprendizaje de un concepto permite construir secuencias de enseñanza acordes al desarrollo de los procesos de pensamiento y sobre todo para dar un sentido pedagógico a la construcción histórica del conocimiento científico.

En un sentido similar Canghilhem (1968) plantea una dirección para el análisis histórico, ir del concepto a la teoría. Esta dirección se justifica según el autor ya que definir un concepto es formular un problema (surgimiento de preguntas para la solución del problema), más la formulación de dicho problema requiere la presencia simultánea y racionalmente dispuesta de un

número determinado de otros conceptos que no necesariamente son los que figuran en la teoría que aporta la solución (Le Court, 1975).

Como se puede notar en esta argumentación, el análisis histórico en los conceptos se plantea a partir de reconocer las problemáticas que dieron origen al desarrollo de los mismos, dichos problemas no se ubican aislados sino que se encuentran inmersos y relacionados con otras problemáticas

Desde la perspectiva de Zambrano (2003) la naturaleza del problema que da origen al concepto en ciencias se describe a partir de una lógica teórica que comprende el conjunto de enunciados que abarca, los problemas, conceptos, explicaciones argumentos e hipótesis en la cual está inmerso el problema y la lógica experimental que involucra la experiencia física, su matematización y los conceptos relacionados que explican el suceso o evento natural.

“El problema no está aislado sino que se encuentra inmerso y relacionado con otros problemas, los cuales constituyen la red conceptual de su teoría. El problema se origina históricamente en dicho tejido conceptual y su solución es una consecuencia de dicho marco teórico y su método experimental” (Zambrano 2003 p. 65)

Vinculando los aportes de los anteriores autores reconocemos unos principios para el análisis histórico epistemológico. Se reconoce el concepto a partir del problema que le da origen y al ir del concepto a la teoría que le da solución, podemos reconocer otros conceptos y teorías que se le relacionan que se involucran en la solución del mismo (Canghilhem, 1968). Es fundamental reconocer las relaciones entre las problemáticas asociadas al concepto (Toulmin, 1977). La solución de la problemática es una consecuencia del marco teórico en que está inmersa y la lógica experimental que se siga en su solución (Zambrano, 2003). La historia de un concepto es un proceso discontinuo que permite plantearla en términos de los obstáculos epistemológicos que se oponen a su realización y que se van superando en su desarrollo (Bachelard 1979)

Los planteamientos anteriores nos permiten sugerir los siguientes principios para el análisis epistemológico:

¿Cuáles problemas fueron el punto de partida para la construcción del concepto?

¿Qué descubrimientos permitieron resolver los problemas fundamentales de lo vivo?

¿Qué obstáculos se presentaron en el desarrollo de dichos problemas?

¿Cómo abordaron los problemas para resolver las preguntas que surgían a partir de lo vivo?

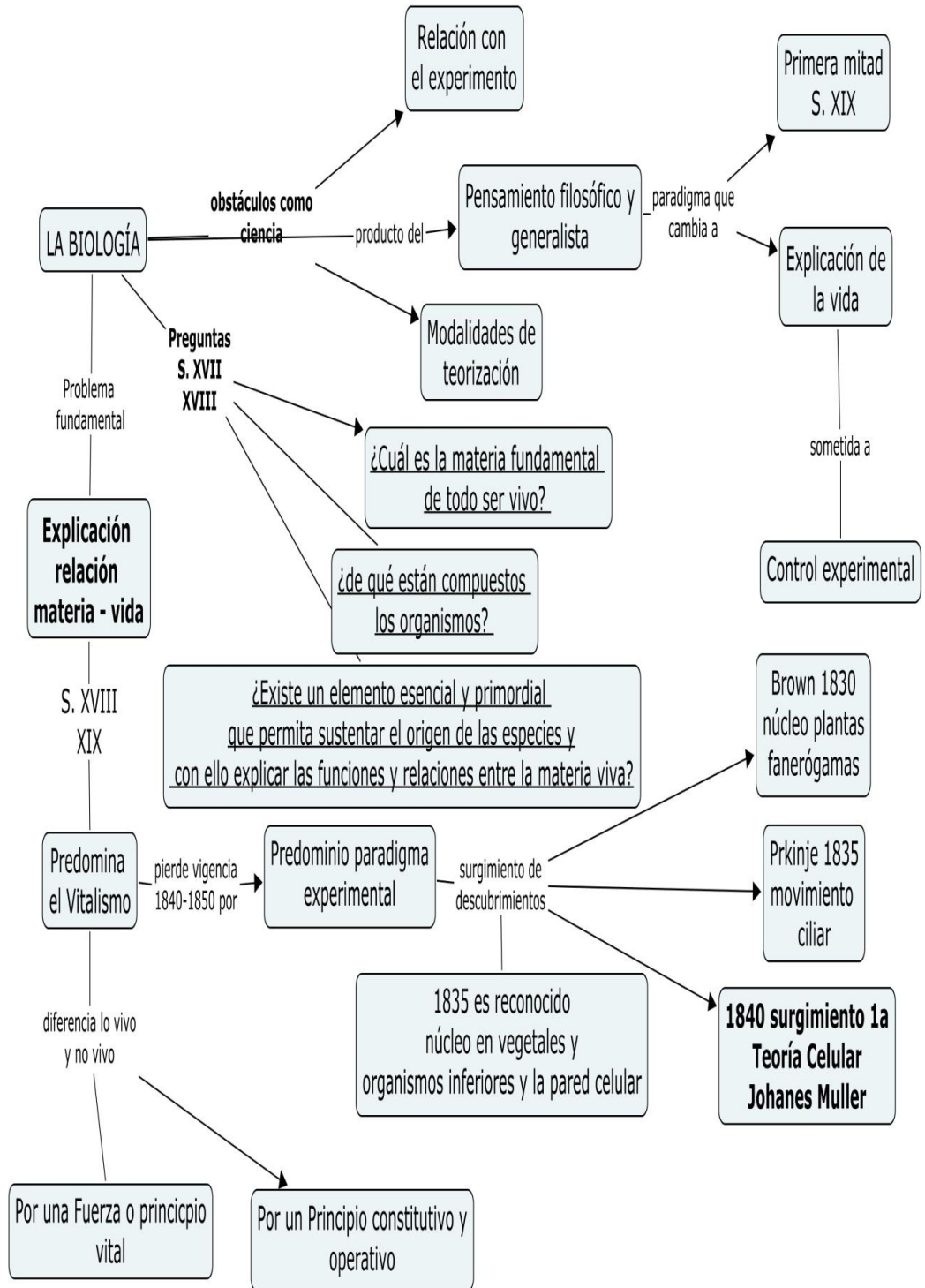
6.2 REVISIÓN HISTÓRICO EPISTEMOLÓGICA DE LA TEORÍA CELULAR Y LA CÉLULA:

El surgimiento del concepto célula y la teoría celular son producto de un proceso que a partir de las preguntas y problemas de la época llevan al pensamiento biológico a buscar explicaciones de todo lo relacionado con la materia y la vida, es así como se empieza a gestar toda una corriente capaz de resolver las dudas y dar explicaciones satisfactorias, válidas y científicas a lo que hoy conocemos como la Teoría Celular; proceso de gestación, dudas, conflictos y debates que al final permitirán llegar a la producción del conocimiento que en el mundo actual orienta los principios de todo aquello que adquiere la categoría de vivo en lo fundamental del nivel celular.

Es importante anotar que en la revisión histórica y epistemológica del concepto célula, no se acude exclusivamente a éste, sino que se llega a él desde la construcción histórica de los diferentes descubrimientos de las estructuras celulares y de los principios que rigen la explicación de la vida; todo esto contenido en la producción de la Teoría Celular con sus exponentes Schwann y Schleiden en la parte animal y vegetal respectivamente.

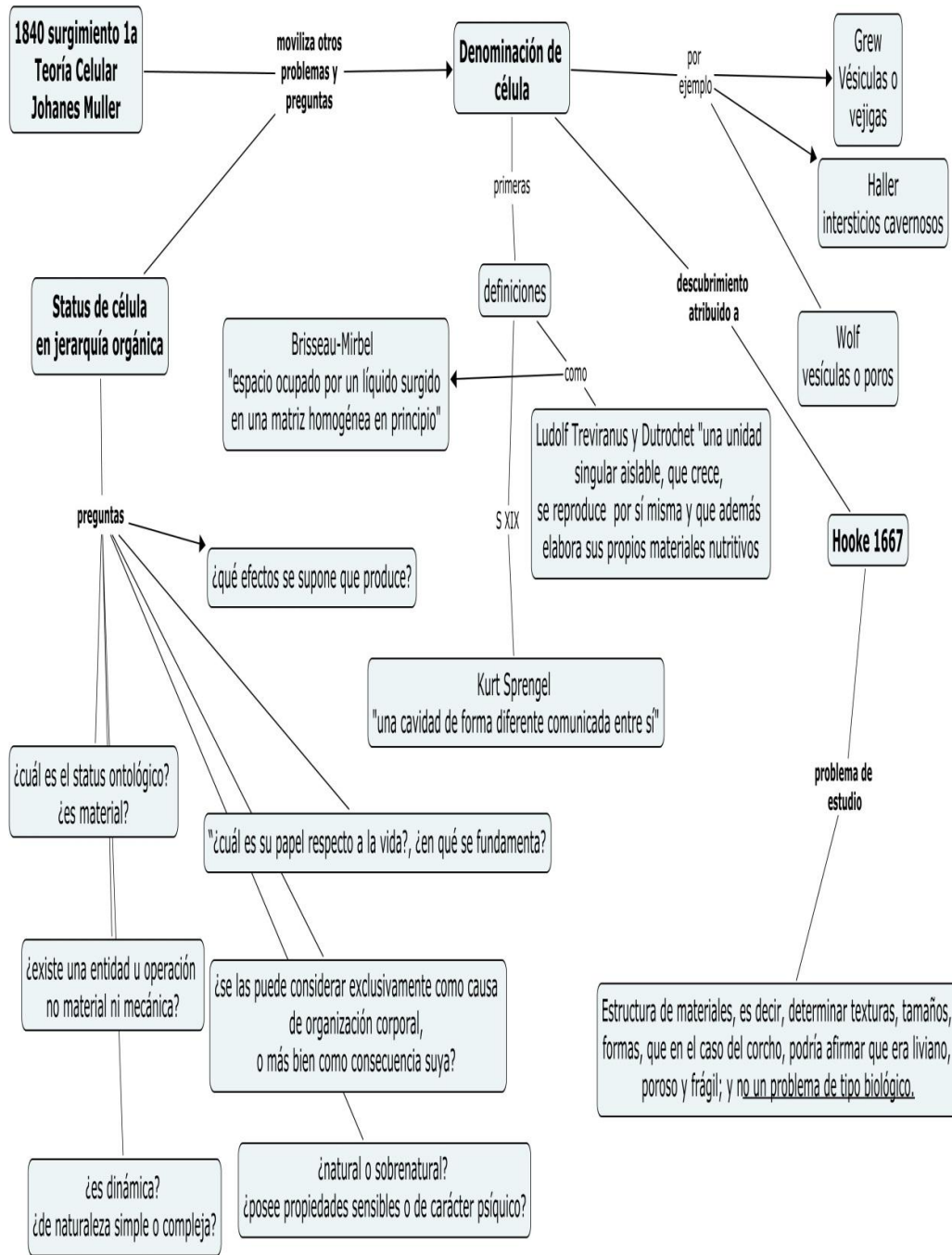
A continuación se presenta un resumen con los elementos centrales de la teoría y el concepto (ver figuras 5, 6 y 7), los cuales se encuentran desarrollados en profundidad en el capítulo 5 (referente conceptual), a partir de donde se origina la teoría celular como fundamento explicativo de lo vivo y de una unidad donde se llevan a cabo los procesos de la vida: la célula.

Figura 5: Problemas fundamentales de la biología.



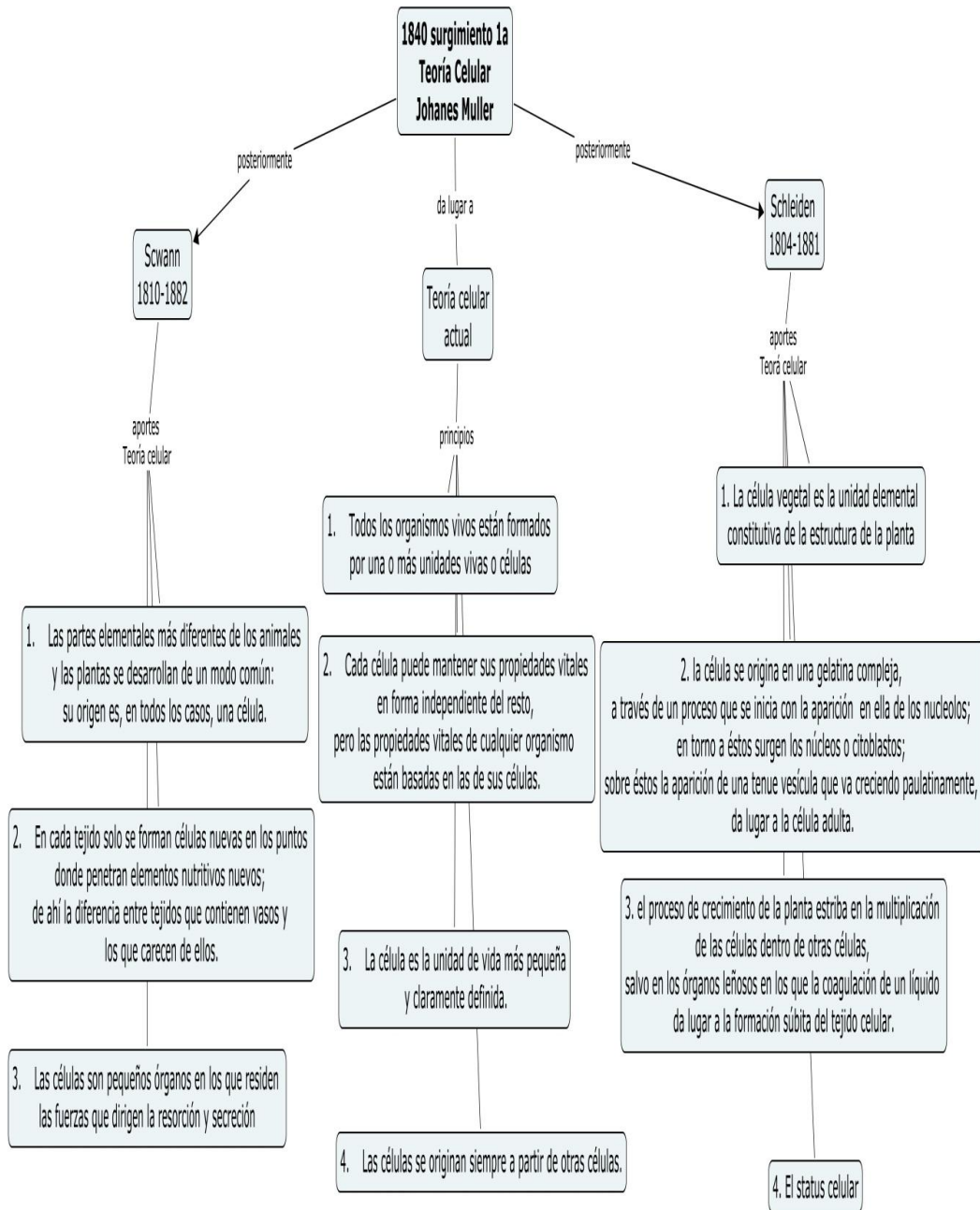
Fuente: Albarracín (1983).

Figura 6: Surgimiento de la Teoría celular y el término célula.



Fuente: Albarracín (1983).

Figura 7: Principios y orígenes de la Teoría celular.



Fuente: Albarracín (1983).

6.3 ANÁLISIS HISTÓRICO Y EPISTEMOLÓGICO DEL CONCEPTO CÉLULA Y SU ENSEÑANZA:

La revisión bibliográfica del concepto célula a partir de su historia y epistemología permite estudiar su valor pedagógico y didáctico ya que permite entender como obstáculos, errores y paradigmas de la época son característicos o propios del pensamiento de un niño que no conoce la información al respecto. Por lo tanto describiremos como algunas de las ideas de los estudiantes se asemejan a los debates y preguntas que se hacían los grandes pensadores sobre la vida y sobre cómo se conformaban los organismos, como otros interrogantes también. Esos elementos se rescatan de indagar en los hechos y sus orígenes y de analizar como a través del tiempo se fueron resolviendo hasta producir las teorías que en el mundo modernos explican los fenómenos y la vida, para nuestro caso los seres vivos por medio de la Teoría celular; de esa manera se pueden crear herramientas didácticas que permitan superar los obstáculos que se encuentran en las ideas previas de los niños cuando se indaga por el conocimiento de la célula.

Partiendo que desde este objeto de estudio de la Biología, la historia muestra que durante los siglos XVII y XVIII el problema que moviliza los diferentes intentos de generación de teorías es la búsqueda de la composición de la materia viva. Retomando todas las explicaciones que desde la teoría celular se dieron al respecto y que permiten la construcción del concepto célula como concepto estructurante en la enseñanza de la biología. Desde la historia y su epistemología se pueden establecer unos ejes de desarrollo y de relación con lo pedagógico para entender esa cercanía entre la forma como se construye el pensamiento alrededor de lo celular y el pensamiento escolar en la enseñanza del concepto. Encontramos entonces lo siguiente:

LA RELACIÓN TEORÍA PRÁCTICA:

Empezaremos por entender los orígenes de la Biología como ciencia y aquello que epistemológicamente explica su naturaleza como disciplina experimental; es así como la Biología al igual que la teoría celular empiezan a transitar a partir de posiciones filosóficas apoyadas en las ciencias físicas, ciencias que tienen su fundamento en lo objetivo y generalizable, lo cual le ha dado a la física la posición entre las ciencias de promotora o base para el desarrollo y aplicación de la biología y la química. Para Singer, existían dos obstáculos propios de la biología: 1. la relación con el experimento y 2. Las modalidades de teorización, lo que implicaba, una modificación profunda de la sociedad científica, y el descubrimiento de una problemática y de procesos de pensamiento propios de la biología, en una época en que los sabios eran

generalistas, filósofos profundamente influenciados por el notable desarrollo de las ciencias físicas. Por lo cual para la física del siglo XVII no resultaba tan difícil obtener datos reproducibles y generalizables, simplemente precisaban las coordenadas espacio temporales para lograr tal objetivo.

Pedagógicamente la enseñanza de las ciencias naturales y de la Biología como asignatura propia de los planes de estudio de la escuela básica, debe partir de esa relación entre los conceptos teóricos producidos para explicar la vida y lo experimental que permite entender o contrastar la teoría. Este primer obstáculo al que se enfrenta un estudiante que solamente recibe información tras información, le dificulta abstraer o imaginar una célula por ejemplo y mucho menos las funciones que esta puede realizar. Lo que indica que así como la Biología transitó por ese proceso de volver generalizable y reproducible el conocimiento que se producía, se vuelve casi obvio que el profesor deba acudir a la experimentación como herramienta básica y didáctica en el aprendizaje de los conceptos de la Biología.

Es así como, las ciencias naturales han definido que para que una observación reproducible desemboque en una explicación científica, debe permitir extraer hechos generales, lo cual resultaba fácil en mecánica o física, por ejemplo, el plano inclinado servía de paradigma, es decir, ilustraba el principio fundamental sobre el que se fundaba en la teoría. Ahora bien, los fenómenos biológicos parecen caracterizarse por presentar excepciones, y escapan por ello a una racionalización reductora.

A partir de este primer elemento de la relación teoría práctica en las ciencias experimentales que de no ser trabajado en la enseñanza de las ciencias con estudiantes de educación básica surgen dificultades como: una imagen mental plana de la célula y sus estructuras, asumir la presencia de células en organismos macro y no micro, no asimilar las funciones de los organismos a partir del nivel celular y abstraer conceptos que teóricamente requieren necesariamente de ser contrastados con prácticas experimentales.

UNA UNIDAD FUNDAMENTAL PARA ENTENDER LA VIDA:

El problema fundamental de la Biología es el esclarecimiento entre la relación estructura vida: materia vida, es decir, de qué está constituido un organismo para adquirir la categoría de vivo. En esa relación se ha sometido la vida a la materialización, es decir, la materia ha sido utilizada por el biólogo para explicar la vida. Desde este objeto de estudio de la disciplina, la historia muestra que durante los siglos XVII y XVIII el problema que moviliza los diferentes intentos de generación de teorías es la búsqueda de la composición de la materia viva *¿de qué están compuestos los organismos? ¿Cuál es la materia fundamental de todo ser vivo? ¿Existe un elemento*

esencial y primordial que permita sustentar el origen de las especies y con ello explicar las funciones y relaciones entre la materia viva?, éstos y otros interrogantes muestran el camino seguido por muchos investigadores, no solamente Biólogos, tiempo atrás de haberse publicado la teoría celular, la cual será el referente al igual que sucede con la teoría evolutiva, para las más importantes generalizaciones en Biología con relación al concepto vida.

Interrogantes como los planteados son los problemas a los cuales se empieza buscar soluciones y explicaciones hace aproximadamente tres o cuatro siglos pero de manera semejante como si se estuviera en esa época, un niño en la vida escolar puede preguntarse ¿Qué es un ser vivo? Y ¿cómo está conformado?

La respuesta más simple podría buscarse en un texto escolar y de manera informativa, el profesor podría transmitir ese conocimiento; con ello podría garantizar que el niño responda la pregunta, pero no podría garantizar que la resuelva.

Ahora bien, ¿dónde radica la importancia de ese conocimiento de la historia y epistemología? ¿Radica en que se transmita al estudiante? Definitivamente no, sino para que el profesor tenga como referencia aquello que permite entender la vida, para que aborde el pensamiento del niño de manera semejante a como se resolvieron las preguntas de ese tiempo y didácticamente proceda pueda construir una propuesta que articule los conceptos con las ideas previas de los estudiantes. Miremos como se empieza a entender el mundo de la vida y las diferentes posiciones que la explicaban: El momento histórico propio de la época en la cual se desenvolvían y efectuaba una serie de conjeturas, hipótesis, y conocimientos alrededor de la materia viva, está ligado a una corriente dominante en las explicaciones de la vida denominada el vitalismo, que en los siglos XVIII y XIX, expresa que la diferencia entre lo viviente y no viviente se atribuye a un principio constitutivo y operativo, el principio vital o fuerza vital.

Con relación al pensamiento vitalista de la época, se admitía generalmente en esta época, en cada ser, la existencia de una fuerza única particular, denominada fuerza vital. Se imaginaba que esta fuerza reunía las moléculas en organismos, casi del mismo modo que un arquitecto construye una mansión, de acuerdo con una idea, aunque sin tener conciencia de ella. Se consideraba que esta fuerza actuaba en cada tejido, otorgándole lo que Müller designaba su energía propia. La contractilidad, por ejemplo, era la energía propia de los músculos, la irritabilidad, la de los nervios, etcétera. Según Müller, los fenómenos de la vida se distinguen de los de la naturaleza inerte, en que los agentes que se aplican sobre un órgano vivo no hacen más que provocar la energía propia del tejido, de modo que el efecto es el mismo sea cual fuere el agente aplicado y la sustancia a que se aplica. Así que un

músculo no hace más que contraerse, sea mecánico, químico, eléctrico, etcétera, frente al agente que se le aplica, mientras que un ácido que actúa sobre una base produce una sal, que no es ácido ni base³⁰.

Análogamente un niño piensa que un organismo es vivo porque por ejemplo se mueve y que hay algo internamente como su energía o fuerza que le permite hacerlo, son sus ideas con las cuales explica lo que observa en su entorno; determinar ese pensamiento permite detectar las dificultades a superar frente a la enseñanza de conceptos como ser vivo y célula.

Retomando los procesos de producción de conocimiento de la Biología, los problemas fundamentales a los que se va a ver enfrentado el biólogo en el siglo XIX, son:

1. La estructura del elemento denominado célula: no era éste el concepto unificado para hacer referencia a una estructura componente de los organismos, encontramos que a finales del siglo XVII hay un conocimiento que predomina y que orienta disertación alguna cuando de hablar de estructuras se refiere, predomina la teoría de la fibra, con este precedente, en el siglo XVIII los biólogos dan la interpretación a las vesículas o vejigas (descripción hecha por Grew, quien no uso el termino célula) una, como ente real; y dos, como un intersticio o cavidad.
2. el status de célula dentro de la jerarquía orgánica: si la célula es considerada como materia “¿cuál es su papel respecto a la vida? ¿Seguirán los biólogos del siglo XIX, tras el establecimiento del paradigma de la célula, apoyándose en los viejos conceptos de fuerza vital sostenida tanto por los fibrillaristas como por los globulistas?”³¹

El conocimiento biológico al igual que en otras disciplinas parte de interrogarse y de preguntarle a la naturaleza por aquello que es un misterio, una duda, una incógnita o algo desconocido, desde lo cual se investigará; por eso estos interrogantes anotados por Albarracín muestran todo un movimiento en perspectiva de lo que sería el pensamiento para la Biología alrededor de lo vivo, además porque esta matizado aún por el vitalismo, como lo habíamos reseñado anteriormente también por conceptos de la fibra, el glóbulo, tejido, entre otros; pero a lo que se quiere hacer énfasis es que la teoría celular va precedida de preguntas complejas de debate y cuestionamiento en el planteamiento de lo vivo. Tal como hoy vemos en la escuela desde la biología aún lo vivo es transversal en el conocimiento de la vida, lo cual denominaríamos es un concepto estructurante para la biología y para la enseñanza, así como existen otros conceptos transversales en otras

³⁰ALBARRACIN, T. A. (1983). La teoría celular. Madrid: P 61

³¹ Ibíd. P 25

áreas del saber. Interesante además como desde la didáctica la clase de Biología se puede orientar desde la pregunta, porque es hacerse preguntas frente a lo desconocido (¿por qué? ¿Cómo? ¿Dónde?) De la misma manera como se procedió en siglos pasados. Es como la clase de Biología o de Ciencias Naturales es a la vez una clase de historia para entender lo consignado en los textos escolares, donde es fundamental la forma en que el profesor asume la clase por eso planteamos la importancia de acudir a la historia y epistemología en el entendimiento de la disciplina y el conocimiento científico producido en ella.

EL DESCUBRIMIENTO O DENOMINACIÓN DE “CÉLULA”:

El descubrimiento de la célula se le atribuye a Robert Hooke en el año 1667, cuando se encontraba haciendo observaciones en corcho y detallo que lo que veía tenía apariencia a un panal de abejas, dichas formas hexagonales o celdas las denominó células, también le causa curiosidad las redes de vasos comunicantes a lo largo de la estructura, de las cuales asumió deberían ser vías para la conducción de la savia.

Es curioso, podríamos pensar que Hooke iba tras la caza de dichas estructuras, pero como se encuentra en alguna bibliografía, parece ser que el problema que movía a éste tenía que ver con la estructura de materiales, es decir, determinar texturas, tamaños, formas, que en el caso del corcho, podría afirmar que era liviano, poroso y frágil y no un problema de tipo biológico.

Este aspecto histórico vemos no tiene relevancia en la enseñanza ni en los textos escolares simplemente como un enunciado que generalmente dice que Hooke vio celdillas a las cuales le llamo células, el conocer el contexto del descubrimiento, los detalles y paradigmas lo que permiten es la enseñanza de una ciencia no lineal ni perfecta sino de errores, casualidades y búsquedas hecha por hombres, por lo tanto se desmitifica la ciencia y los estudiantes la toman como algo accesible, algo en lo que pueden ser ellos científicos y como profesores acceder a una ciencia enseñable y entendible. Al final como se ha mencionado anteriormente, no es enseñar historia y epistemología pero si comenzar contextualizando el conocimiento y dejar de contar resultados de todo un proceso de producción como por ejemplo llenar a los estudiantes de definiciones.

En este descubrimiento y por esta fecha, ya era usado aunque de manera artesanal el microscopio, encontramos a Leeuwenhoek quien construía sus propios microscopios, aparatos simples de lentes que marcaron el paso de lo macro a lo micro. Así mismo en este tiempo aparecen obstáculos epistemológicos en las observaciones celulares, ya que muchos investigadores a través de sus observaciones tenían interpretaciones

diferentes, por ejemplo, Hooke veía células, Malpighi veía vesículas y Haller fibras; obstáculos que generaban no solamente diferentes posiciones, sino también en la relación experimental con la teorización, porque al surgir interpretaciones diferentes con ello explicaciones y razones científicas diversas para dar validez a su conocimiento.

Este aspecto de la relación con el mundo microscópico también aparece en los estudiantes como un obstáculo porque el profesor debe preguntarse ¿qué ve un estudiante al microscopio? ¿Las estructuras que preparamos para la observación son las mismas que ven los estudiantes? ¿Qué de ello que decimos es célula, ve el estudiante? ¿Entiende la vida en aquello micro que no puede ver? a diferencia de lo que es visible al ojo humano y puede caracterizar como vivo. Parecen preguntas simples, que en la edad de un niño de 10 u 11 años son grandes interrogantes que podrán ser más fáciles de resolver dependiendo del tipo de enseñanza y conocimiento que hayan recibido al respecto.

LA TEORÍA CELULAR, FUNDAMENTO DEL CONCEPTO CÉLULA:

En este recorrido histórico por el cual se busca llegar a entender el origen del concepto célula, se ha hecho necesario deambular por los diferentes descubrimientos alrededor del significado de lo vivo; ir de debate en debate y de cuestionamiento en cuestionamiento de aquello que es o no es según el paradigma desde el cual se observe. Todo este proceso lento y de años permite ir gestando un cuerpo teórico capaz de recoger los principios y leyes que darán forma a una teoría capaz de explicar los principios fundamentales de la vida y con ella los seres vivos. Por eso ahora miremos como surge la teoría celular:

Continuando con lo encontrado en la historia, previo a los trabajos de Schleiden y Schwann casi todo se dice, nada se concreta ni generaliza sobre el elemento constituyente de los organismos. Perdura el vitalismo entre 1800-1850, posterior a este periodo los estudios de corte experimental van a dar un paso frente a los estudios teóricos e hipótesis. Hooke a quien se le atribuye el descubrimiento de la célula como estructura, decía: “la verdad es que, hasta el presente las ciencias naturales han sido, sobre todo fruto de la actividad del cerebro y la fantasía; ya es hora de volver a la simplicidad y a la seguridad de las observaciones referidas a objetos y materiales accesibles directamente a la experiencia”³²

Es en 1840 cuando se dan los inicios de la primera teoría celular con Johanner Müller quien realizaba investigaciones en la naturaleza celular de la

³² Giordan, A. Et al. (1988) Conceptos de biología. Barcelona: Labor. P. 10.

notocorda de peces mixinoideos análoga a células vegetales, en células pigmentadas y las del tejido graso. Henle discípulo y colaborador de Müller aporta en este conocimiento con sus estudios a partir de las observaciones microscópicas, lo cual abonaba el terreno para Schleiden y Schwann.

Schleiden aporta cuatro puntos fundamentales a la teoría:

1. La célula vegetal es la unidad elemental constitutiva de la estructura de la planta.
2. la célula se origina en una gelatina compleja, a través de un proceso que se inicia con la aparición en ella de los nucléolos; en torno a éstos surgen los núcleos o citoblastos; sobre éstos la aparición de una tenue vesícula que va creciendo paulatinamente, da lugar a la célula adulta.
3. el proceso de crecimiento de la planta estriba en la multiplicación de las células dentro de otras células, salvo en los órganos leñosos en los que la coagulación de un líquido da lugar a la formación súbita del tejido celular.
4. El status celular³³.

Según Müller a los principales resultados a los que llegó Schwann fueron:

1. Las partes elementales más diferentes de los animales y las plantas se desarrollan de un modo común: su origen es, en todos los casos, una célula.
2. En cada tejido solo se forman células nuevas en los puntos donde penetran elementos nutritivos nuevos; de ahí la diferencia entre tejidos que contienen vasos y los que carecen de ellos.
3. Las células son pequeños órganos en los que residen las fuerzas que dirigen la resorción y secreción.

Schwann no se propone únicamente poner de manifiesto la existencia de una unidad anatómica para todos los seres vivos, sino que trata de explicar, ante todo, los caracteres generales de su fisiología por medio de una misma unidad funcional.

Frente a la publicación y promulgación de la teoría celular surgen preguntas problema, que empezaron a movilizar debates y posiciones epistemológicas, de acuerdo a los paradigmas existentes ¿se puede explicar la materia viva a partir de una misma unidad funcional?, y ¿es el organismo una asociación de células, o se descompone en células?, preguntas que dan validez a la teoría como elemento de conocimiento para la biología.

En este recorrido quedan establecidos estos y otros descubrimientos que durante el siglo XIX proporcionaron información suficiente para sustentar la teoría celular para explicar y unificar a los seres vivos que existían en la

³³ *Ibíd.* PP55-56.

época y que sustentan la vida hoy en el siglo XXI. Es así como surgen los cuatro postulados vigentes para la teoría:

1. Todos los organismos vivos están formados por una o más unidades vivas o células
2. Cada célula puede mantener sus propiedades vitales en forma independiente del resto, pero las propiedades vitales de cualquier organismo están basadas en las de sus células.
3. La célula es la unidad de vida más pequeña y claramente definida.
4. Las células se originan siempre a partir de otras células.

La escuela ha fortalecido la enseñanza de las ciencias, entre ellas la biología, llena de certezas y de pocos errores, con lo cual se ha familiarizado al estudiante con un conocimiento al cual no hay que modificar elemento alguno.

En el caso de la teoría celular, deberíamos preguntarnos si esta situación se debe simplemente a una tradición cultural o si tiene algún pensamiento epistemológico: ¿se limita el pensamiento biológico a una mera aplicación de los métodos de la física y de la química a una categoría particular de objetos, presenta aspectos específicos que deben ser reconocidos por la institución escolar?³⁴

“En realidad la célula no es una simple construcción del intelecto, como el concepto energía en física. No cabe duda que hay que acabar con el realismo simplista que tiende a basarse en casos particulares y artefactos que convierten los sistemas dinámicos en formas estáticas”³⁵.

³⁴ *Ibíd.* P.47.

³⁵ *Ibíd.* P. 50-51.

6.4 EXPLORAR LAS IDEAS PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE CÉLULA:

Tal como se analizó anteriormente en el punto 6.3, las preconcepciones que sobre célula tienen niños de 10 a 11 años se correlacionan con los principios en los que se generan las teorías y explicaciones alrededor de lo vivo. Por esta razón se exploraron las ideas previas de los niños de cuarto y quinto con lo cual se obtuvo información valiosa para contextualizar la elaboración de una propuesta didáctica.

Esta fase de la investigación se realizó teniendo en cuenta unas actividades que permitieron elaborar un instrumento para la recolección de la información y su posterior desarrollo con los niños. Estas actividades fueron:

1. Acercamiento a la población de estudio realizando dos prácticas sobre el tema célula aprovechando el espacio que la profesora de los cursos tenía en su momento con el trabajo de la temática, es por esto que se detallan estas clases cuyos propósitos fundamentales para la investigación fueron:

Socializar con los niños de cuarto y quinto para el conocimiento de los grupos.

Recoger impresiones alrededor del tema de la célula

Tomar elementos para el análisis y elaboración del instrumento

Se realiza un proceso de observación participante, es decir nos involucramos con el grupo y formamos parte de lo que expresan, preguntan y dicen respecto del tema. En este sentido se hace una práctica de laboratorio y un taller de elaboración de una célula en plastilina.

2. Elaboración del instrumento para la recolección de ideas previas de célula cuyos propósitos fueron:

Identificar las ideas que sobre el concepto célula y el conocimiento relacionado a ella tienen estudiantes de grado 4º y 5º de la Educación Básica.

Analizar los obstáculos epistemológicos que subyacen en los estudiantes a partir de la correlación de los preconceptos con lo encontrado en la historia de la construcción del concepto.

Aplicar y analizar la información obtenida con el instrumento elaborado para indagar las ideas previas sobre célula con estudiantes de los grados cuarto y quinto del Real Colegio San Francisco de Asís.

6.4.1 INTERACCIÓN POBLACIÓN DE ESTUDIO Y ACERCAMIENTO AL TEMA CÉLULA:

Actividad 1: Práctica de Laboratorio acerca de Observación de Célula Vegetal con Grado Quinto

Foto1: Interacción con estudiantes.



1. Dialogo con los estudiantes: dialogo con los estudiantes donde ellos expresaran sus ideas y conocimientos sobre el tema en este caso la célula vegetal
2. Lectura de cuento: relacionado con la historia de la célula, donde se nombran diferentes personajes y hechos históricos relevantes. Esto se realiza como introducción para el desarrollo del laboratorio
3. Montaje de la célula a observar: observación de célula vegetal al microscopio en catafilo de cebolla, haciendo uso del colorante Lugol.

Foto 2: Observaciones al microscopio de célula vegetal.



4. Elaboración de dibujos: Cada uno de los estudiantes realizara un gráfico acerca de lo observado durante el desarrollo de la clase.
5. Desarrollo de taller sobre temas de la célula

Materiales:

Microscopio
Cubreobjetos
Porta objetos
Lugol
Agua
Cebolleta
Gotero

Se realizó la lectura del cuento *“Erase una vez la célula”* (anexo 1), a partir de este, se preguntó a los niños *“a que hacemos referencia cuando hablamos de célula”* a lo que algunos estudiantes respondieron *“E1: es la unidad básica y funcional de los seres vivos, E2: tiene celdillas, E3: la mitocondria, el núcleo, el aparato de Golgi, retículo endoplasmatico, mitocondrias”*

Durante la realización de esta actividad los estudiantes dibujaron en sus cuadernos los montajes e identificaron: la pared celular y los núcleos.

Foto 3: Estudiantes realizando trabajos relacionados con la práctica



Por último se les entrego a los estudiantes el siguiente taller

1. De acuerdo a la narración del cuento ERASE UNA VEZ LA CÉLULA desarrolla:

¿De qué invento nos habla el cuento? ¿Qué es lo que permite hacer?

¿Qué sucede cuando las células se reproducen descontroladamente?

Realiza un dibujo del cuento

2. De acuerdo a la práctica de laboratorio desarrolla lo siguiente:

¿Por qué crees que utilizamos el microscopio para la observación de células?

¿La célula que observaste es animal o vegetal? Argumenta tu respuesta

¿Qué parte reconociste de esta célula? Realiza un dibujo

De acuerdo a las actividades nombradas anteriormente podemos señalar lo siguiente, los estudiantes:

Esperaban observar todas las organelos celulares durante la práctica de laboratorio.

Consideran que la célula es una sola y no un conjunto de las mismas.

Reconocen que para observar las células es necesario contar con el microscopio.

Afirman que la célula animal está conformada por la pared celular.

La práctica devela aspectos referenciados por los antecedentes de investigación estudiados, donde muestran que no se tiene asimilada la idea de célula de forma significativa, se evidencia desconocimiento de los estudiantes en lo que se refiere a las dimensiones de la célula y de los organelos y que la idea del tamaño es fundamental en cualquier tipo de estudio de la célula.

Además, según Rodríguez y Moreira (1999), la célula es un concepto que se corresponde con una entidad física, real, pero que opera en la mente de los alumnos como ente abstracto y que se construye a partir del discurso por lo cual la concepción de modelo científico requiere la construcción de modelos mentales. Entendiendo que los modelos mentales son *“construcciones humanas...como análogos del mundo que queremos interpretar; y esto es lo que construyen nuestros estudiantes modelos mentales como análogos estructurales del mundo que les ofrecemos a través de la información, una información que es interpretada a luz de esos modelos”*³⁶

En consecuencia, abordar el concepto célula implica tener en cuenta varias dimensiones, la cuales incluyen: procesos de pensamiento, interpretación, asimilación y significación que cada uno de los estudiantes le asigne a dicho concepto.

Actividad 2: Elaboración de una célula en plastilina con Grado Cuarto

1. Explicación del trabajo a realizar: Se les explica a los niños sobre el manejo adecuado de la plastilina. Además se establece un dialogo donde los niños expresan sus ideas y conocimientos sobre el tema (recordar las partes de la célula y sus respectivas funciones)

³⁶RODRÍGUEZ, Luz. Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza/aprendizaje de la estructura y el funcionamiento celular

Foto 4 y 5: Elaboración de célula con plastilina.



2. Elaboración de la célula: Los estudiantes construyen la célula identificando los diferentes organelos que la componen teniendo en cuenta su función

1. Exposición de los trabajos realizados en el aula de clase.

Materiales:

Plastilina

CD o cartón paja

Ega

Durante el desarrollo de la actividad se iban planteando preguntas con respecto al tema; En primer lugar, se utilizó un CD el cual fue cubierto con plastilina y se les pregunto: “¿qué parte de la célula fue la que se realizó?” a lo que los estudiantes respondieron que era el citoplasma, entonces se les volvió a preguntar que por qué era el citoplasma, a lo cual ellos respondieron que porque allí iba el núcleo, las mitocondrias, el aparato de Golgi y los demás organelos celulares.

Seguidamente, se fueron realizando cada una de los organelos y a medida de esto, se les iba preguntando a los estudiantes “¿Cuál es la función del núcleo en la célula?” respondiendo “Es el centro de la célula”, se observó que para dar respuestas a las preguntas en ocasiones los estudiantes recurrían al texto escolar, el cual también fue empleado para mirar el modelo de la célula animal.

Posteriormente se ubicó el nombre de cada organelo en el modelo de célula realizado.

Con respecto a esta actividad se documentan investigaciones sobre la concepción de la forma de la célula, al respecto Berrabín y Sánchez (1996) dicen que se detecta una errónea aplicación de la teoría celular al tamaño de

los organismos y es frecuente observar una representación plana de la célula originada por los esquemas y dibujos de los libros.

En consecuencia, las imágenes “planas” que presentan los libros de texto escolares influyen en los modelos mentales que los estudiantes han construido a través de su formación y experiencia.

Con respecto a lo anterior, Rodríguez, Marrero y Moreira (2000) plantean en su investigación con relación a la representación de la célula que:

Surgen cuatro modelos mentales diferentes de célula, es decir, cuatro maneras distintas de representarla cuando se requiere hacer uso de ella como objeto de estudio. Uno, como una imagen única y estática; dos, imagen estructural y funcional de la célula, ambos independientes; tres, imagen integrada estructura función de la célula, pero con imágenes estáticas; cuatro, integración estructura y función celular, pero con imágenes dinámicas y complejas. Son esos cuatro, los modos que la investigación ha hallado este alumnado ha pensado la célula -la ha percibido y concebido³⁷

En este orden de ideas, la célula se debería abordar desde la perspectiva tridimensional, no solo porque es el modelo que se aproxima más a la realidad, sino porque es de esta forma como los estudiantes pueden construir modelos mentales los cuales permitan la comprensión de una unidad tan compleja, funcional y abstracta.

Teniendo como base la primera experiencia con los dos grados se construye un instrumento que de una u otra forma permitió recopilar aquellas ideas que los estudiantes han aprendido y que en su momento expresaron en el transcurso de las dos actividades. A continuación se presenta la sustentación y fundamentación que desde los referentes conceptuales revisados permitieron la selección de preguntas para los niños con relación al concepto. Ya que fue fundamental que se pudiera en relación con la historia y epistemología de la célula indagar aquello que para el estudiante es su verdad y que en términos de preconceptos pudiese ser un obstáculo o error conceptual.

6.4.2 ELABORACIÓN DEL INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCION DE IDEAS PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES ACERCA DEL CONCEPTO CELULA (Anexo2)

³⁷ Ibíd. Pág.3

Los propósitos planteados para el instrumento fueron:

Identificar las ideas que sobre el concepto célula y el conocimiento relacionado a ella tienen estudiantes de grado 4º y 5º de la Educación Básica.

Analizar los obstáculos epistemológicos que subyacen en los estudiantes a partir de la correlación de los preconceptos con lo encontrado en la historia de la construcción del concepto.

En la investigación “LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO CÉLULA A PARTIR DE SU HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA” se realizó un diagnóstico de las ideas que los estudiantes de 10 y 11 años tiene sobre célula y el conocimiento relacionado con ella, por esto es importante retomar la idea de obstáculos epistemológicos de Bachelard como referente conceptual para entender muchas de las ideas presentes en los estudiantes y para un análisis de las mismas.

Al respecto, Bachelard, en “La formación del espíritu científico” plantea que el problema del conocimiento científico desde una mirada psicológica se debe considerar desde la noción de obstáculos.

Estos obstáculos están referenciados desde la mirada de la propia construcción del conocimiento, es decir, en la acción misma de conocer, que es donde aparecen en palabras de Bachelard “los entorpecimientos y las confusiones”. Éstos, han generado en las ciencias debates y polémicas que para las ciencias han implicado estancamiento y retroceso, pero podemos hablar del estado de inercia que indica que alrededor del conocimiento existe una dinámica propia de la cultura del debate que lleva a que los nuevos planteamientos sean refutados y defendidos para su legitimación; son a estas fuerzas a las que se han denominado *obstáculos epistemológicos*. Algo que llama la atención es que los obstáculos presentan una ley psicológica de la bipolaridad de los errores, es decir, siempre se presentan por pares, por lo tanto el dilucidar el obstáculo es ir en contra de un conocimiento contrario, por ejemplo de una experiencia básica a una experiencia científica.

Astolfi dice que la relación didáctica – obstáculo epistemológico radica no en la superación misma del obstáculo, sino más bien en la identificación de éste, de tal manera que se haga conciencia del mismo para que posteriormente se “controle”. De ello se abstrae lo siguiente:

1. Desde la noción de obstáculo recurrimos al entendimiento del fundamento de las ciencias como tal, para hacer estudio de sus procesos, autores, debates, conflictos, etcétera.

2. Entender la historia y epistemología del conocimiento implica entender desde el obstáculo lo que generó “inercia” en la producción del conocimiento.

3. La validez de lo anteriormente planteado en lo pedagógico, recae en hacer conciencia de lo que genera dificultad en el aprendizaje de las ciencias, de tal manera que podamos hacer uso de las ideas previas que se tejen alrededor del obstáculo.

La importancia de acudir a lo histórico y epistemológico permite en el aprendizaje de ese conocimiento entender aquellos obstáculos que muestran la dinámica del quehacer científico, pero para qué?;, romper con la “transmisión” del conocimiento dado, pasar de las definiciones, teorías, leyes y principios de los textos y de la escuela a la comprensión de los mismos, para no volvernos acumulativos y dogmáticos; encontrar en el pasado los obstáculos que para la enseñanza pueden de igual manera generar la inercia en la construcción de los conceptos: cómo un paradigma o una postura de determinada época que hoy consideramos ya superada, puede ser la misma que se tenga mentalmente un estudiante hoy y que no permite apertura a otros conceptos?

Con los referentes bibliográficos de la historia de la Teoría Celular y los antecedentes de investigación que fundamentan la idea de obstáculos y los referencian, se procedió a elaborar el cuestionario de 8 preguntas que a continuación se describe, cada pregunta tiene su sustentación y permite entender con relación a la revisión histórica lo que se indaga en el pensamiento de los niños.

Lo que se encuentra a continuación es una categoría de análisis, las preguntas a la que hace alusión, el fundamento conceptual de la categoría y las preguntas del instrumento:

CARACTERIZAR LO VIVO:

Preguntas 1, 2 y 3 para indagar qué se entiende por vivo o no vivo y que se asocia a “unidad funcional, estructural de todo ser vivo” definición enseñada en la escuela. Los referentes históricos u obstáculos son:

Desde este objeto de estudio de la disciplina de la Biología, la historia muestra que durante los siglos XVII y XVIII el problema que moviliza los diferentes intentos de generación de teorías es la búsqueda de la composición de la materia viva ¿de qué están compuestos los organismos? ¿Cuál es la materia fundamental de todo ser vivo? ¿Existe un elemento

esencial y primordial que permita sustentar el origen de las especies y con ello explicar las funciones y relaciones entre la materia viva?

Los problemas fundamentales a los que se va a ver enfrentado el biólogo en el siglo XIX, son: 1. la estructura del elemento denominado célula: no era éste el concepto unificado para hacer referencia a una estructura componente de los organismos. 2. el status de célula dentro de la jerarquía orgánica: si la célula es considerada como materia “¿cuál es su papel respecto a la vida?

1. Señala con una “X” los seres vivos:



2. ¿Qué características tienen los que señalaste con una “X” como seres vivos? Nombra diferentes características

3. ¿Qué características tienen los que no señalaste con una “X”? Nombra diferentes características.

FUNCIONES CELULARES E IMAGEN DE CÉLULA:

Preguntas 4, 5 y 6 para indagar sobre cuáles son las funciones que se atribuyen a la célula y como ha sido enseñada. Desde lo antecedentes de investigación como:

Caballer M. y Giménez I (1993) encuentran obstáculos epistemológicos en la imposibilidad de representar mentalmente una célula respirando, comiendo, por ser funciones propias de sistemas complejos del ser humano.

Flores, Tovar, Gallegos, Velásquez, Valdés, Saits, Alvarado y Villar, (2000) la estructura de la célula (organelos, membrana, núcleo) y los procesos celulares (reproducción, fotosíntesis, nutrición) sólo son comprendidos parcialmente sin ser articulados en una visión integral.

Díaz (1999), en la tesis doctoral “Problemas de aprendizaje en la interpretación de observaciones de estructuras biológicas con el microscopio”, encontró que la mayoría de los estudiantes utilizan una representación de la célula que se corresponde con un modelo idealizado, elaborado a partir de una síntesis que tiene como referente la microscopía electrónica; la mayoría de los dibujos representan una célula plana y no tridimensional; los dibujos, previos a la observación, del aspecto que se espera de las muestras, exponen un escaso conocimiento de la forma y las estructura celulares de células animales y vegetales.

4. Cuando sufres una cortadura, te duele y te sale sangre, pero después de algunos días está herida se empieza a cerrar y sana. ¿Por qué crees que sucede esto?

5. Señala con una “X” los procesos que se llevan a cabo en la célula:

- Respiración _____
- Excreción _____
- Digestión _____
- Locomoción _____
- Reproducción _____
- Otros: _____ ¿cuáles?

6. Dibuja lo que para ti es una célula

ACERCAMIENTO EXPERIMENTAL A LA CÉLULA:

Pregunta 7 para indagar a través de qué medios ha sido aprendida y cuál es esa relación de la teoría con la práctica cuando se ha enseñado la célula, desde el siguiente postulado:

La aparición de la tecnología, que muestra que en la producción de saber no es solamente lo que el hombre indaga en lo estructural, sino también cómo lo hace, y por ello las investigaciones también se dan en el campo de las tecnologías con la generación de instrumentos capaces de “esclarecer” las más recónditas estructuras del mundo micro

7. “... Hace mucho tiempo un hombre llamado Zacharias, quien era fabricante de lentes, descubrió que colocando dos lentes a cierta distancia y mirando a través de ellos se podían apreciar las cosas de un tamaño muchísimo mayor al real; esto hizo que muchos de ellos se interesaran en el nuevo invento al cual llamaron microscopio...” ¿Cómo puedes observar una célula? Y ¿por qué?

NIVELES DE ORGANIZACIÓN EN SERES VIVOS:

Pregunta 8 para indagar un ser vivo o un ser humano cómo se organiza estructuralmente y se plantea desde los interrogantes propios de la época con relación a este aspecto:

Frente a la publicación y promulgación de la teoría celular surgen preguntas problema, que empezaron a movilizar debates y posiciones epistemológicas, de acuerdo a los paradigmas existentes ¿se puede explicar la materia viva a partir de una misma unidad funcional?, y ¿es el organismo una asociación de células, o se descompone en células?, preguntas que dan validez a la teoría como elemento de conocimiento para la biología.

8. Si comparas a un ser vivo con un rompecabezas, cuáles serían las fichas más pequeñas que conforman el rompecabezas, capaces de realizar funciones como la nutrición, respiración, excreción, etc. ¿Por qué?

6.4.3 SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS CON EL INSTRUMENTO: (Anexo 3)

Foto 6: Aplicación instrumento ideas previas



Realizando una revisión de los resultados obtenidos con el instrumento de recolección de ideas previas aplicado a los estudiantes de los grados cuarto y quinto del Real Colegio San Francisco de Asís, teniendo en cuenta los

obstáculos epistemológicos que se presentaron históricamente y las dificultades que los estudiantes evidenciaron al desarrollar las preguntas planteadas y teniendo en cuenta el plan de estudios de la Institución para los grados ya mencionados, se han planteado una serie de alternativas para abordar la temática célula.

A continuación se presenta un análisis que se le realizó a cada una de las respuestas obtenidas, agrupadas en categorías según rasgos similares presentados.

La primera pregunta: Señala con una “X” los seres vivos: que consistía en identificar en unos gráficos (carro, mesa, personas, el árbol, caballo) a los seres vivos, el 100% de los estudiantes de ambos grados no presentaron ninguna dificultad. La concepción de la vida y de lo vivo y no vivo que se interpreta de las respuestas de los estudiantes de 10 a 11 años según el análisis realizado, concluye que no se tiene asimilada la idea de célula de forma significativa, porque se evidencia desconocimiento en lo que se refiere a seres vivos constituidos por células, desconocimiento de los organelos, aquí es preciso resaltar que la idea del tamaño (micro-macro) es fundamental en cualquier tipo de estudio de la célula, así como la importancia del microscopio. Cabe aclarar que aunque se presenta ello, son capaces de diferenciar entre objetos y seres vivos, epistemológicamente es el dilema o la pregunta que hace dos siglos se harían las personas ¿de qué están constituida la materia viva? a diferencia que el niño cuenta con los resultados y la información de todo un proceso de producción de conocimiento científico y así el niño responde que de células y quizás con otra información en su tiempo Haller veía intersticios o Grew vesículas.

Desde la visión del organismo para entender la vida, es complejo o por lo menos se evidencia en la investigación que los niños de cuarto y quinto grado de básica primaria establezcan la relación todo partes o partes todo, con un avance importante que es diferenciar lo vivo de lo no vivo. Es la mirada desde el organismo la que hay que afianzar desde la relación micro macro y como se plantea en la propuesta didáctica se parte de una organización de contenidos para entender el concepto que va de lo simple a lo complejo y que didácticamente recurre a la experimentación y otras herramientas para ubicar al niño desde su pensamiento concreto a un plano abstracto del concepto célula.

En cuanto a la segunda y la tercera pregunta: ¿Qué características tienen los que señalaste con una “X” como seres vivos? Nombra diferentes características y ¿Qué características tienen los que no señalaste con una “X”? Nombra diferentes características que se refería a las características de

los seres vivos y los no vivos, las diferentes interpretaciones que tienen los estudiantes se muestran a continuación:

Grado Cuarto:

2. ¿Qué características tienen los que señalaste con una "X" como seres vivos? Nombra diferentes características.	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: tienen vida porque son seres vivos		
Poseen vida	3	15%
b. Respuestas de los estudiantes:		
- Los seres vivos respiran, piensan, caminan, se reproducen, nacen, crecen y mueren.		
- Los humanos pueden respirar y exhalar, cosechar y trabajar, el árbol nos da oxígeno y la vida; el caballo corre y nos ayuda a llevar cosas pesadas, es muy rápido para escapar de sus presas.		
Funciones vitales	6	30%
c. Respuestas de los estudiantes: tienen cola, mandíbula, piernas, tallo, hojas, patas, raíces, cabeza, piel, ramas, cabello, fuertes, dan frutos, tiene nariz y boca, se alimentan y viven en el medio ambiente.		
Características físicas	4	20%
d. Respuestas de los estudiantes: que tienen vida se pueden mover.		
Movimiento	3	15%
e. Respuestas de los estudiantes: porque ellos sienten, oyen y comen		
Sentir	2	10%
f. Respuestas de los estudiantes: utilizan ropa y zapatos		
Vestuario	2	10%
3. ¿Qué características tiene los que NO señalaste con una "X"? Nombra diferentes características.	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: porque no tienen vida		
No poseen vida	4	20%
b. Respuestas de los estudiantes: no se mueven porque no tienen vida, son contruidos por el humano, el carro se mueve y la mesa se mantiene quieta, no tiene oxígeno y muchas cosas más.		
Sin movimiento	5	25%
c. Respuestas de los estudiantes: tienen llantas, vidrios, patas, madera y metal y tecnología.		
Características físicas y de composición	3	15%
d. Respuestas de los estudiantes: el auto es un medio de transporte y nos sirve para llevarnos a una parte de Colombia, el carro es muy malo para el ambiente y nos daña la atmosfera. La mesa es útil para comer y ayuda a apoyar la hija para escribir.		
Utilidad	3	15%

e. Respuestas de los estudiantes: no respiran, no caminan, no se reproducen, no nacen, no crecen, no mueren, no oyen, no huelen		
Sin funciones vitales	3	15%
f. Respuestas de los estudiantes: no pueden oír, ver lo que pasa y no sienten cuando los golpeamos		
No poseen sentidos: 2 estudiantes (10%)	2	10%

Grado Quinto.

2. ¿Qué características tienen los que señalaste con una "X" como seres vivos? Nombra diferentes características.		
a. Respuestas de los estudiantes: el caballo por que vive		
Poseen vida	2	6,8%
b. Respuestas de los estudiantes:		
- El árbol, tiene raíz; nos da oxígeno; tienen frutos.		
- Los humanos, tiene un corazón, circulación y sangre que bombea; porque es como yo.		
- El animal, porque come como nosotros; tiene corazón y órganos que usa para vivir; vive de la naturaleza.		
- El humano, puede moverse; camina y siente; sienten y respiran; sienten lo que les hacemos.		
Pueden nacer, crecer, moverse, reproducirse y morir, piensan, respiran, se alimenta, caminan, hacen procesos, caballo: no producen su propio alimento, árbol: producen su propio alimento, comen, hacen sus necesidades.		
- El caballo, siente y se mueve.		
Funciones vitales	20	69 %
c. Respuestas de los estudiantes: tienen células vivas; todos están formados por células; tienen célula vegetal y animal.		
Célula	7	24.1%
3. ¿Qué características tiene los que NO señalaste con una "X"? Nombra diferentes características.	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: porque no tienen vida; el carro porque no vive; el carro vota gasolina y humo y ni la gasolina ni el humo son seres vivos, porque contaminan al aire y los a pulmones y la mesa no es un ser vivo porque no se reproduce; son procesados.		
No poseen vida	6	20,7%
b. Respuestas de los estudiantes: porque no se mueven		

-Mesa: no puede hacer nada, la hizo el hombre y no creció como ser vivo, no siente		
- Carro: para moverlo lo tiene que hacer un hombre, se mueve por combustible		
Sin movimiento	5	17,2%
c. Respuestas de los estudiantes: no tienen porque son hechas con tecnología.		
-Mesa: está hecha de madera		
-Carro: funciona con gasolina y partes mecánicas.		
Características físicas y de composición	2	6,90%
d. Respuestas de los estudiantes: mesa sirve para ayudarnos a asentar cosas, nos sirven para transportarnos de un lugar a otro		
Utilidad	1	3,40%
e. Respuestas de los estudiantes: no respiran, no caminan, no se reproducen, no nacen, no crecen, no mueren, no oyen, no huelen, no se alimentan, no tienen circulación, no se mueven		
f. Respuestas de los estudiantes: el carro no ve a las personas, no sienten nada		
Sin funciones vitales	8	27,6%
g. Respuestas de los estudiantes: no tienen células vivas y su movimiento lo causan los seres vivos; ninguno está formado por células,		
- Mesa: corteza de árbol, sin células, no es ni un animal, ni una planta.		
- Carro: sin célula, artículo que hace la vida del humano más fácil, porque no tienen células vegetales ni animales, no respira como los humanos.		
No poseen células	7	24.1%

Con relación a estas dos preguntas, la historia en relación con el estudio de la célula evidencia varios obstáculos epistemológicos en las observaciones celulares, puesto que muchos investigadores a través de sus observaciones tenían interpretaciones diferentes frente a este tema, por ejemplo, Hooke veía células, Malpighi veía vesículas y Haller fibras; obstáculos que generaban no solamente diferentes posiciones, sino también en la relación experimental con la teorización, porque al surgir interpretaciones diferentes con ello explicaciones y razones científicas diversas para dar validez a su conocimiento.

En relación a lo anterior, en cuanto a las respuestas de los estudiantes la mayor dificultad que presentan los estudiantes es reconocer a los seres vivos como seres constituidos por células.

En consecuencia, el problema fundamental es: la falta de comprensión (en los estudiantes del grado quinto) y desconocimiento (en los estudiantes del grado cuarto) de la célula como la unidad constituyente de los seres vivos.

Lo anterior lo mencionamos puesto que en las respuestas dadas por los estudiantes del grado cuarto, cuando se les pregunta sobre las características de los seres vivos ellos no tienen en cuenta a la célula como un rasgo característico de los mismos, en cuanto a las respuestas dadas por los estudiantes del grado quinto hay un bajo porcentaje de los estudiantes (de 29 estudiantes, 7) que tienen en cuenta a la célula como característica de los seres vivos.

Si lo anterior lo contrastamos con el plan de estudios según el cual los estudiantes de los grado cuarto y quinto deberían saber sobre la “función e importancia de la célula en los seres vivos”³⁸ ya que este contenido es abordado en el grado tercero, aquí se observa una gran dificultad, puesto que si los estudiantes no logran reconocer e identificar a los seres vivos constituidos por células, no van a entender más adelante procesos biológicos tales como la reproducción, nutrición, herencia entre otros.

Es allí donde la propuesta genera una alternativa a los procesos de enseñanza y aprendizaje para que los estudiantes entiendan y comprendan la importancia de la célula para determinar el mundo vivo, para desarrollar este propósito se acude a las analogías las cuales permiten trabajar conceptos científicos abstractos y complejos, como lo es la célula y como esta determina la vida.

Es así como, las analogías incluyen propuestas tanto de los maestros, como las generadas por parte de los estudiantes, un ejemplo de analogía que se trabaja con los estudiantes es: si observas las paredes de una casa o un edificio (sin pintar) te darás cuenta que están formadas por muchos ladrillos unidos entre sí. ¿Cómo crees que están conformados los cuerpos de los seres vivos (personas, animales y plantas)?.

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera que trabajar con analogías este tipo de temas, integra conocimientos científicos con actividades, cosas y objetos inmersos en la cotidianidad de los estudiantes, porque así ellos nunca hayan visto una célula y como están organizadas para formar tejidos, lo cierto es que ellos si pueden ver los ladrillos en una pared y como estos están unidos.

Otro aspecto, para destacar fue el hecho de que el nombre de célula proviene de una analogía o semejanza que hizo Hooke entre las “celdas” en las que vivían los monjes y las figuras que observo en la laminilla de corcho.

Por otro lado, es necesario determinar qué un ser vivo no solo se caracteriza por poseer células, sino que existen otros rasgos distintivos de los mismos; con respecto a esto los estudiantes plantearon que un ser vivo realiza

³⁸ Plan de Estudios. Grado Tercero, Primer Periodo. Real Colegio San Francisco de Asís. Pág. 10

funciones vitales de manera indiscriminada, es decir enuncian alguna función vital, tales como: crecer, reproducirse, alimentarse, morir, respirar, moverse, producen su propio alimento en el caso de las plantas, entre otros.

Analizando las respuestas de los estudiantes, en cuanto a las características de lo no vivo ellos relacionan esto a no tener funciones vitales, a ser elementos fabricados por el hombre para hacer la vida más cómoda entre otros, en lo que se refiere a relacionar lo no vivo con no poseer células, solamente 7 de 29 estudiantes del grado 5 lo hicieron (anexo 1).

Cabe aclarar que los estudiantes aun no poseen cierta información con respecto a la temática abordada, así que es factible que sustenten que una mesa no posee células, cuando en realidad si las posee a pesar de que estas están muertas.

En la cuarta pregunta: Cuando sufres una cortadura, te duele y te sale sangre, pero después de algunos días está herida se empieza a cerrar y sana. ¿Por qué crees que sucede esto? Lo encontrado fue lo siguiente:

Grado Cuarto:

4. Cuando sufres una cortadura, te duele y te sale sangre, pero después de algunos días está herida se empieza a cerrar y sana. ¿Por qué crees que sucede esto?	No Est.	Porc .
a. Respuestas de los estudiantes: una célula hace ese proceso, porque da la orden al tejido de que se cierre la herida, formando una especie de capa para cerrarla; las células se unen para formar la piel.		
Tiene Células	5	25%
b. Respuestas de los estudiantes: hay unas células llamadas plaquetas que cuando hay una herida, ellas se acumulan ahí y forman un tipo de capa para que pare la sangre llamada coagulo; porque las plaquetas hacen su trabajo que es curar nuestras heridas.		
Poseen Plaquetas	4	20%
c. Respuestas de los estudiantes: los glóbulos rojos empiezan a funcionar y pasan los días y la herida va cerrando.		
Glóbulos rojos	2	10%
d. Respuestas de los estudiantes: por los glóbulos blancos		
Poseen Glóbulos blancos	1	5%
e. Respuestas de los estudiantes: las capas de la piel se vuelven a unir y se cierra la capa		
Piel	1	5%
f. Respuestas de los estudiantes: se cura por tiempo		
Tiempo	1	5%
g. Respuestas de los estudiantes: porque la tiene que cuidarse por eso se cierra; por que se realiza locomoción; por tropezar y empujar; se tienen paredes que se arman, entonces esas paredes se empiezan a cerrar; por que las etiquetas la tapan; porque hacen la función de detener la sangre.		

No responde	6	30%
-------------	---	-----

Grado Quinto:

4. Cuando sufres una cortadura, te duele y te sale sangre, pero después de algunos días está herida se empieza a cerrar y sana. ¿Por qué crees que sucede esto?	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: por que las células se van acumulando y regeneran el tejido y el cuerpo, porque una célula que está en la sangre coagula y cierra la herida permitiendo que no salga más sangre, porque se coagula la sangre por las células, la célula cura, reconstruye y cierra la piel que fue afectada por la cortadura.		
Poseen Células	6	20,7 %
b. Respuestas de los estudiantes: son las que se encargan de esta función, cerrar las heridas en la piel formando cicatrices		
Tienen Plaquetas	4	13,8 %
c. Respuestas de los estudiantes: primero se cicatriza y se estira, pero las que no hacen este proceso tiene que cogerle puntos.		
Cicatrización	2	6.9%
d. Respuestas de los estudiantes: porque los glóbulos blancos sellan o cierran las heridas.		
Poseen Glóbulos blancos	2	6.9%
e. Respuestas de los estudiantes: porque se coagula la sangre y se regenera la piel, la piel se expande o se extiende o se estira y se cierra, porque la piel se abre y sale sangre; la piel se junta porque tiene unos microorganismos, entonces cuando ellas se separan, ellos se corren para poco a poco y así se cierra la piel; la piel se cicatriza y si no se cerrara no serias un ser vivo.		
Piel	5	17,2 %
f. Respuestas de los estudiantes: porque los tejidos vuelven y regeneran-		
Regeneración	1	3,4%
g. Respuestas de los estudiantes: por la reproducción de las células.		
Reproducción celular	1	3,4%
h. Respuestas de los estudiantes: porque la herida se cierra		
No responde	8	27.8 %

Aquí se hace referencia a porque una herida se cierra y sana, se logra evidenciar como los estudiantes de grado cuarto en su gran mayoría hacen referencia al termino célula como encargada de cerrar las heridas en un ser vivo, como segunda respuesta aparecen las plaquetas, como las encargadas del proceso anteriormente mencionado. De acuerdo a los datos obtenidos se

logra evidenciar que los estudiantes no asocian las plaquetas como células, sino como estructuras diferentes tomando este como un obstáculo en el proceso de enseñanza de dicho concepto.

Por otro lado cabe resaltar que los estudiantes de grado cuarto aluden con más precisión a la respuesta sobre las plaquetas ya que profundizan un poco más sobre ellas a diferencia de los estudiantes de grado quinto.

En la quinta pregunta: Señala con una “X” los procesos que se llevan a cabo en la célula, que hace referencia a los procesos que cumple la célula, y así contestaron los estudiantes:

Grado Cuarto:

5. Señala con una “X” los procesos que se llevan a cabo en la célula:	No Est.	Porc.
∅ Respiración	15	75%
∅ Excreción	10	50%
∅ Digestión	8	40%
∅ Locomoción	8	40%
∅ Reproducción	13	65%
∅ Otros		
- El núcleo de la célula.	1	5%
- Protección del cuerpo.	1	5%

Grado Quinto:

5. Señala con una “X” los procesos que se llevan a cabo en la célula:	No Est.	Porc.
∅ Respiración: 23 estudiantes (79.3%)	23	79,3 %
∅ Excreción: 22 estudiantes (75,9%)	22	75,9 %
∅ Digestión: 18 estudiantes (62%)	18	62%
∅ Locomoción: 5 estudiantes (17.2%)	5	17.2 %
∅ Reproducción: 24 estudiantes (82.7%)	24	82,7 %
∅ Otros		
- Nutrición: 5 estudiantes (17.2%)	5	17,2 %
- Alimentarse: 1 (3.4%)	1	3,40 %
- Crecer: 1 (3.4%)	1	3,40 %

En esta encontramos el siguiente obstáculo epistemológico: la incomprensión de las funciones vitales en la célula, ya que los estudiantes no logran marcar con precisión las funciones que esta cumple.

Esto evidencia la carencia de comprensión de los estudiantes del grado quinto en cuanto a los procesos realizados por la célula, ya que se supone que dichos estudiantes deberían manejar esta información (según lo visto en el plan de estudios), por ello se plantea profundizar y reforzar esta temática puesto que es algo fundamental para la comprensión de otros conceptos biológicos.

En la sexta pregunta: Dibuja lo que para ti es una célula se pide a los estudiantes dibujar lo que ellos creen que es célula, lo encontrado fue:

Grado Cuarto:

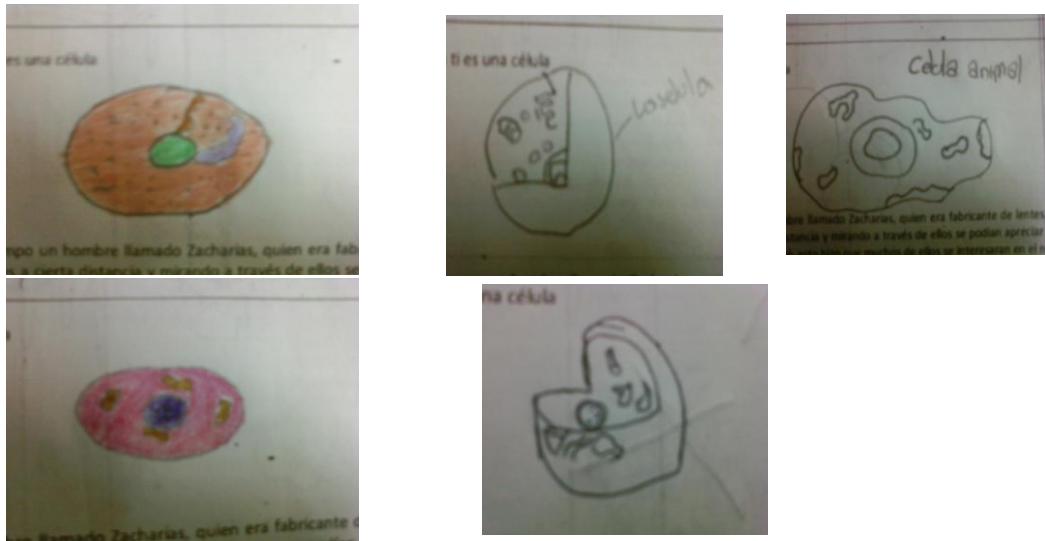
6. Dibuja lo que es para ti una célula:	No Est.	Porc
En general los dibujos realizados por los estudiantes presentan una forma circular plana, la mayoría de los gráficos representan la célula animal, en la cual se distinguen algunas figuras, que podrían ser organelos. De igual forma, en la mayoría de los dibujos se logra identificar el núcleo, en la parte central de estos.	19	95%
Se puede considerar que un estudiante trato de dibujar la célula de forma tridimensional.	1	5%

Grado Quinto:

6. Dibuja lo que es para ti una célula	No Est.	Porc.
Las formas de los dibujos realizados por los estudiantes son diversas, entre estas tenemos, rectángulos, círculos, amorfas entre otras, estos gráficos representan a células animales y vegetales, incluyendo algunas figuras que consideramos sean algunos organelos.	24	82.7 %
Además, los estudiantes trataron de representar la célula tridimensionalmente.	5	17.3

En la revisión de los dibujos, los estudiantes presentan gráficos de modelos planos los cuales han influido en la incomprensión biológica de la célula al imposibilitar la idea mental de célula tridimensional, aunque algunos estudiantes (cinco) intentan plasmar en su dibujo de manera tridimensional o en 2 planos como se muestra en las imágenes siguientes:

Foto 7: Dibujos de la célula elaborados por niños de cuarto y quinto de básica primaria



Siguiendo con esta idea podemos afirmar que los textos escolares influyen en la concepción plana de célula, ya que sus gráficos en su gran mayoría hacen referencia a estructuras planas, dejando a un lado la modelización de una célula en acción o como estructura viva.

Para la pregunta número siete: ¿Cómo puedes observar una célula? Y ¿por qué? la cual trata acerca del uso del Microscopio para la observación de células, se encontró:

Grado Cuarto:

7. "... Hace mucho tiempo un hombre llamado Zacharias, quien era fabricante de lentes, descubrió que colocando dos lentes a cierta distancia y mirando a través de ellos se podían apreciar las cosas de un tamaño muchísimo mayor al real; esto hizo que muchos de ellos se interesaran en el nuevo invento al cual llamaron microscopio..." ¿Cómo puedes observar una célula? Y ¿Por qué?	No Est.	Porc .
a. Respuestas de los estudiantes: con un microscopio porque es muy pequeño; con un microscopio para poder ver las células; las células se pueden ver por el microscopio porque tienen un mecanismo para poderlas ver; se pueden ver para trabajos, experimentos y actividades.		
Microscopio	16	80%
b. Respuestas de los estudiantes: con un telescopio		
Telescopio	1	5%
d. Respuestas de los estudiantes: si porque sí, no porque no; no se puede observar pero con el lente sí; porque eso nos sirve para poder aumentar la vista.		
No responde	3	15%

Grado Quinto:

7. "... Hace mucho tiempo un hombre llamado Zacharias, quien era fabricante de lentes, descubrió que colocando dos lentes a cierta distancia y mirando a través de ellos se podían apreciar las cosas de un tamaño muchísimo mayor al real; esto hizo que muchos de ellos se interesaran en el nuevo invento al cual llamaron microscopio..." ¿Cómo puedes observar una célula? ¿Por qué?	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: viendo por medio del microscopio porque las células son muy pequeñas, el microscopio sirve como observador, da más vista.		
b. Respuestas de los estudiantes: hace ver las cosas más grandes, un gran acercamiento y detalle a lo que uno quiere ver, permite ver las cosas con mayor tamaño.		
c. Respuestas de los estudiantes: el microscopio tiene lentes que acercan, agrandan y aumentan la vista así es más fácil ver una célula, de mayor tamaño		
Microscopio	28	96,6%
d. Respuestas de los estudiantes: por un binocular.		
Binoculares	1	3,4%

Según el análisis realizado a las respuestas y una revisión histórica, los estudiantes presentan el siguiente obstáculo epistemológico: ya que su experiencia es básica, al igual que la observación, la cual es cargada de sensaciones y percepciones de imágenes pintoresca por lo cual entre observación y experimentación hay ruptura.

Teniendo en cuenta las respuestas de los estudiantes de grado cuarto y quinto, se puede afirmar que la mayoría de ellos reconocen que la célula se puede observar a través del microscopio, pero al preguntarles el ¿Por qué? de esta situación, algunos no responden, otros hacen alusión a los lentes, otros a como se ve (grande y cerca) y también hacen referencia a que la célula es microscópica.

Ahora bien, todo ello supone que los estudiantes tienen una experiencia básica con respecto al manejo y conocimiento del microscopio, además de su funcionalidad, ya que este tema no se encuentra considerado dentro del plan de estudios de la institución.

Por todo lo mencionado anteriormente, es fundamental que los estudiantes realicen un acercamiento mucho mayor al conocimiento del Microscopio, en cuanto a sus partes y funcionalidad, ya que no todo se debe quedar en las definiciones y la teoría, esto se debe dinamizar para que los educandos apliquen sus conocimientos por ejemplo en la realización de laboratorios acerca de temas que se manejen en las clases de ciencias.

Para finalizar la pregunta número ocho: Si comparas a un ser vivo con un rompecabezas, cuáles serían las fichas más pequeñas que conforman el

rompecabezas, capaces de realizar funciones como la nutrición, respiración, excreción, etc. ¿Por qué?, en la cual se establece una analogía entre un ser vivo y un rompecabezas, con respecto a las fichas y las células, se presentó de la siguiente forma:

Grado Cuarto:

8. Si comparas a un ser vivo con un rompecabezas, cuáles serían las fichas más pequeñas que conforman el rompecabezas, capaces de realizar funciones como la nutrición, respiración, excreción, etc. ¿Por qué?	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: la célula nos da todo; las fichas de un rompecabezas tienen unas fichas, esas serían las células que conforman a un ser vivo; las células porque ellas realizan estas funciones; las células que forman un ser humano;		
Célula	12	60%
b. Respuestas de los estudiantes: no entendí; porque el ser vivo se mueve y el rompecabezas no; las fichas más pequeñas son ojos, nariz, boca, etc.; la bilis; nutrición, respiración, para estar más saludables; el rompecabezas es una imagen y el otro es un ser vivo; por el medio.		
No responde	8	40%

Grado Quinto:

8. Si comparas a un ser vivo con un rompecabezas, cuáles serían las fichas más pequeñas que conforman el rompecabezas, capaces de realizar funciones como la nutrición, respiración, excreción, etc. ¿Por qué?	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: porque es lo más pequeño que hay en nuestro cuerpo y son especializadas para cumplir esas funciones, porque hay muchas y siempre nacen, porque son una estructura base en el cuerpo; en las células se encuentra el núcleo que es el que controla todas las funciones vitales.		
Célula	23	79,30%
a. Respuestas de los estudiantes: sistema respiratorio y digestivo		
b. Respuestas de los estudiantes: páncreas.		
Órganos sistemas	2	6.9%
No responde	2	6.9%
d. Respuestas de los estudiantes: célula y corazón, célula porque es un microbio, así son las figuras, un rompecabezas no puede respirar ni reproducirse.		
Otras	2	6.9%

Según el análisis realizado a las respuestas y una revisión histórica, los estudiantes presentan el siguiente obstáculo epistemológico: que se remite a

la facilidad que se concede la mente para seguir razonando de manera sencilla, inmerso en la comodidad intelectual, gracias al juego fácil de analogías, de metáforas (demasiado) satisfactorias, etcétera.

Considerando las respuestas de los estudiantes, la mayoría de ellos responden de manera correcta afirmando que son las células (12 estudiantes de cuarto y 21 de quinto), pero otros estudiantes establecen que son algunos aparatos como el respiratorio y digestivo, páncreas, y cuando se les pregunta el ¿Por qué? No responden.

Lo que lleva a interpretar que algunos estudiantes tuvieron mucha facilidad, simplicidad y sencillez en su razonamiento, respondiendo de manera incorrecta.

Por lo mencionado anteriormente, hay un vacío en el plan de estudios o en la manera de enseñanza del profesor, en cuanto a que los estudiantes están recibiendo definiciones y no se los está colocando en situaciones que los lleven a pensar, como por ejemplo situaciones problema y analogías, para que den sus respuestas, razonen y del mismo modo generen preguntas, para así llegar al conocimiento de determinado concepto.

El concepto célula se puede trabajar como un concepto estructurante, ya que este concepto permite el entendimiento de otros como tejido, órgano y sistema en el organismo, funciona como base o fundamento de lo que estos conceptos hacen uso, entendiéndose que en la misma célula se llevan a cabo todos los procesos del organismo que se evidencian en el ser vivo. Estos conceptos son los que realmente contribuyen al proceso de aprendizaje de los educandos, además, de reconocer las relaciones que se puedan establecer entre los mismos, teniendo en cuenta el punto de vista de la comprensión que los estudiantes tienen de estos, ya que dicho concepto es la base fundamental para abordar diversas temáticas en diferentes áreas como Ciencias naturales, biología, Química, entre otras. Aquí cabe resaltar que Armúa de Reyes (2003), considera que *“trabajar con conceptos estructurantes introduce diferencias en las formas habituales de seleccionar contenidos escolares que se centran en el dato o fenómeno aislado, para dar lugar a propuestas didácticas globalizadoras e integradoras”*³⁹.

Según el análisis realizado los estudiantes no tienen asimilada la idea de célula de forma significativa, porque se evidencia desconocimiento en lo que

³⁹ MORALES, D. (2009). La enseñanza para la comprensión y los conceptos estructurantes: una estrategia para el desarrollo de los niveles de comprensión de los estudiantes. Biografía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza Vol. 2 No1 ISSN 2027-1034 P.2.

se refiere a seres vivos constituidos por células, desconocimiento de los organelos, aquí es preciso resaltar que la idea del tamaño (micro-macro) es fundamental en cualquier tipo de estudio de la célula. Así como la importancia del microscopio.

Para construir modelos, dibujos, representaciones la célula debe hacer desde la perspectiva tridimensional, no solo porque es el modelo que se aproxima más a la realidad, sino porque es de esta forma como los estudiantes podrían construir modelos mentales los cuales permitan la comprensión de una unidad tan compleja y funcional, como lo es la célula, en la cual cada una de sus organelos cumple funciones fundamentales, entrelazadas y no aisladas, ya que en la escuela se habla de las funciones de cada una de las organelos y no del conjunto de funciones que se realizan dentro de la célula.

6.5 ANÁLISIS PLAN DE ESTUDIOS Y TEXTO ESCOLAR DE CIENCIAS NATURALES DE LA INSTITUCIÓN DE LOS GRADOS CUARTO Y QUINTO:

Este punto se toma en cuenta para la investigación ya que permite identificar la manera como está organizada la secuencia de contenidos con relación a la enseñanza de la célula para que desde los resultados de la investigación se proponga una alternativa a ese plan de estudios. Así mismo el análisis del texto que se utiliza en estos grados sirve como referente para entender qué se enseña y la forma en que el texto escolar secuencia los contenidos para su enseñanza. A continuación se presentan estos dos análisis realizados:

6.5.1 ANÁLISIS PLAN DE ESTUDIOS DEL REAL COLEGIO SAN FRANCISCO DE ASÍS:

De acuerdo con los Estándares Básicos de Competencias establecidos por el Ministerio de Educación Nacional, el plan de estudios del Real Colegio San Francisco de Asís tiene en cuenta tanto los estándares generales que hacen referencia a “aquello que los niños, niñas y jóvenes deben saber y saber-hacer al finalizar un conjunto de grados”⁴⁰, de igual forma este plan de estudios tiene en cuenta las acciones de pensamiento y de producción concretas que los estudiantes deben realizar, ya que hacen referencia al entorno vivo, entorno físico, ciencia tecnología y sociedad que son las “acciones de pensamiento para producir el conocimiento propio de las ciencias naturales”⁴¹.

⁴⁰Estándares Básicos de Competencias. Ministerio de Educación Nacional. Pág. 16.

⁴¹ Ibíd. Pág. 13

El plan de estudios para los grados Cuarto y Quinto del Real Colegio San Francisco de Asís año lectivo 2010-2011, contiene los estándares que serán tenidos en cuenta en el momento de enseñar el concepto, en éste se encuentra lo siguiente:

Estándar General M.E.N:

Identifico estructuras de los seres vivos que les permiten desarrollarse en un entorno y que puedo utilizar como criterios de clasificación.

Competencias del entorno vivo M.E.N:

- Explico la importancia de la célula como unidad básica de los seres vivos.
- Identifico los niveles de organización celular de los seres vivos.

Contenidos plan de estudios Real Colegio San Francisco de Asís

Grado Cuarto (primer periodo)

- Las Células, ladrillos de los seres vivos, tamaño y forma celular, Organelos celulares, células animales y vegetales
- Seres unicelulares y multicelulares.
- Clasificación de los seres vivos: Reino Procariota, Reino protista, Reino Fungi, Reino vegetal, Reino animal⁴².

Grado Quinto (periodos primero y segundo)

- La célula
- Función de nutrición en los seres vivos: nutrición. Celular, nutrición en las plantas, nutrición en los animales, nutrición en el hombre.
- Respiración en los seres vivos: respiración celular, respiración en las plantas, respiración en animales respiración en el hombre Respiración en los seres vivos: respiración celular, respiración en las plantas, respiración en animales respiración en el hombre
- Circulación celular
- Excreción celular
- Reproducción celular
- La célula, origen, estructura y función
- Célula vegetal y Célula animal.
- Organización celular de los seres vivos.
- Diferenciación celular y el origen de los tejidos.
- Nutrición de las células.

⁴² Plan de Estudios. Grados cuarto y quinto. Real Colegio San Francisco de Asís. Pág. 10

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada al plan de estudios y los estándares se pudo evidenciar que la Institución Educativa Real Colegio San Francisco de Asís cumple con lo estipulado por el M.E.N para el área de Ciencias Naturales, ya que su plan de estudios está diseñado a partir de estos.

En cuanto a la temática que se refiere a la célula, esta es abordada desde diferentes niveles de complejidad, teniendo en cuenta tanto las células vegetales, animales, origen, organización, los organelos presentes y las funciones de las mismas, funciones tales como: la respiración celular, circulación, nutrición, excreción, reproducción, además tener en cuenta los seres unicelulares y multicelulares, los reinos de la naturaleza entre otros.

De acuerdo a lo anterior, se puede afirmar que el concepto célula se puede trabajar como un concepto estructurante, ya que estos conceptos son los que realmente contribuyen al proceso de aprendizaje de los educandos, además de reconocer las relaciones que se puedan establecer entre los mismos. Lo anterior ha sido propuesto por diversos autores, entre ellos Armúa de Reyes (2006), Astolfi (1994, en MERINO, G.) y Gagliardi (1986 y 2008).

Desde esta perspectiva trabajar el concepto célula permite desarrollar otros aprendizajes, teniendo en cuenta el punto de vista de la comprensión que los estudiantes tienen de estos, ya que dicho concepto es la base fundamental para abordar diversas temáticas de la biología.

Aquí cabe resaltar que Armúa de Reyes (2003, en Armúa de Reyes, 2006), considera que *“trabajar con conceptos estructurantes introduce diferencias en la formas habituales de seleccionar contenidos escolares que se centran en el dato o fenómeno aislado, para dar lugar a propuestas didácticas globalizadoras e integradoras”*.⁴³

En este orden de ideas cabe resaltar que con la elaboración de la propuesta se pretende abordar el concepto célula desde el campo histórico y epistemológico, teniendo en cuenta que *“un concepto no se agota solamente en la definición, un concepto es producto de todo un proceso dialéctico basado en el descubrimiento, en la búsqueda de nueva información, es una construcción colectiva que parte de la formulación de una pregunta...”* son estos aspectos los que marcan la diferencia de nuestro trabajo, ya que ni los estándares planteados por el Ministerio ni el plan de estudios de la Institución educativa ya mencionada, abordan el concepto desde la perspectiva histórica.

⁴³ MORALES, Diana P. La enseñanza para la comprensión y los conceptos estructurantes: una estrategia para el desarrollo de los niveles de comprensión de los estudiantes. Biografía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza Vol2 No1 ISSN 2027-1034 1. 2009.

Por otra parte, Gagliardi (2008) plantea que cuando un estudiante aprende un concepto estructurante, logra cambios en su capacidad de aprendizaje, y en esa medida le es posible incorporar nueva información y forjar nuevos conocimientos; simultáneamente se desarrolla una nueva capacidad para observar el mundo. En consecuencia, este autor considera que *“la instrucción debe estar orientada a enseñar un cierto número de conceptos que- una vez interiorizados- transformen el sistema cognitivo y conduzcan a una nueva estructura conceptual que permita avanzar en el aprendizaje”*⁴⁴

Finalmente, la elaboración e implementación de la unidad didáctica busca desarrollar procesos de enseñanza y aprendizaje del concepto célula desde su historia y epistemología, para que los estudiantes logren aprender significativamente y el maestro pueda llevar a cabo procesos de enseñanza, teniendo en cuenta tanto el campo didáctico como el pedagógico, todo esto con el objetivo de dejar atrás la administración de cuerpos teóricos o contenidos que caracteriza a la escuela tradicional.

6.5.2 REVISIÓN Y ANÁLISIS DE TEXTOS ESCOLARES CON LOS CUALES ENSEÑA EL CONCEPTO CÉLULA EN LOS GRADOS CUARTO Y QUINTO (Anexo 4):

En primera instancia, es pertinente mencionar que dentro del ámbito escolar y/o educativo dentro de un salón de clases entran a jugar un papel muy importante diversos aspectos, como lo son el maestro, el estudiante y los recursos didácticos que incluyen distintos medios materiales, uno de estos medios es el texto escolar, por esta razón, *“la evaluación de este material es indispensable si se pretende – como no puede ser de otra manera –que cumpla su función educativa para la cual fue explícitamente definida.”*⁴⁵ Para el análisis del texto escolar se tuvo en cuenta una propuesta de evaluación de textos escolares de Guillermo Briones, quien plantea los siguientes indicadores: contenido, lenguaje, metodología y aspectos materiales.

Dentro del contenido se tiene en cuenta la relevancia, objetividad, claridad, adecuación al currículo, extensión, valores transmitidos y estructuras; en cuanto al lenguaje se presta atención al vocabulario y al estilo; para la metodología los objetivos, actividades explícitas y autoevaluaciones, por último están los aspectos materiales que incluye formato, portada, número de páginas, colores, gráficos, espacios y clase de papel.

⁴⁴ *Ibíd.*

⁴⁵ BRIONES, G. (1998). Evaluación educacional. Módulo 4. Formación de docentes en investigación educativa. Santafé de Bogotá: TM Editores. Pág.17.

Cabe aclarar que la revisión del texto, solo incluye las temáticas referentes a célula, que es el tema de estudio de la propuesta investigativa.

En este sentido, en cuanto al contenido, que es el elemento básico del texto, ya que es el medio por el cual se exponen los temas o temáticas a trabajar para adquirir conocimientos según criterios que se consideran necesarios y valiosos que un estudiante adquiera, el texto revisado cumple con los siguientes aspectos: además de ajustarse al currículo de la Institución (esta afirmación está basada en la revisión del plan de estudios de la Institución Educativa Real Colegio San Francisco de Asís en el área de Ciencias Naturales), está estructurado de forma organizada, clara y objetiva, para la edad y la etapa psicológica y cognitiva en la que se encuentran los estudiantes de los grados cuarto y quinto, por otra parte se tiene en cuenta que el texto más que exponer los aspectos más relevantes de la temática célula, este presenta los aspectos más generales, como lo son la definición de célula, los organelos que las componen y su función.

Con respecto a los valores transmitidos, es muy subjetivo hacer una afirmación si a través del texto se transmiten o no valores, sin embargo dentro de este aspecto se podrían considerar lo que son el desarrollo de competencias ciudadanas que presenta el texto escolar de la casa de las ciencias.

Otro de los indicadores es el lenguaje que es el vehículo de transmisión del contenido del texto, "su comprensibilidad esta...relacionada con el rendimiento escolar. Un texto oscuro, difícil de entender, no puede motivar al alumno y puede conducir a un aprendizaje memorístico, vacío de verdadero contenido educativo"⁴⁶, al respecto el vocabulario expuesto en el texto es claro y comprensible y el estilo es directo y conciso, lo que posibilita que sea un texto accesible en cuanto no presenta un lenguaje complejo para los estudiantes, claro está que hay algunos términos que podrían considerarse como complejos para los estudiantes por ser terminología propia de las ciencias naturales más específicamente de la temática célula, términos tales como: aparato de Golgi, ribosoma, retículo endoplasmático, lisosoma entre otros.

El siguiente indicador se refiere a la metodología, en cuanto a este indicador el texto presenta una acción de pensamiento (explico la importancia de la célula como unidad básica de los seres vivos) que es posible incluirla dentro de los objetivos a alcanzar en cada uno de los temas a desarrollar, en cuanto a las actividades son variadas, incluyen talleres, consultas y prácticas de laboratorio, lo cual hace que las actividades sean llamativas para los

⁴⁶ *Ibíd.* Pág. 21

estudiantes, con respecto a las autoevaluaciones el texto como tal no las presenta.

Por último están los aspectos materiales del libro que se pueden considerar como al irrelevante, no obstante “no puede desconocerse su importancia en atracción que esos aspectos pueden ejercer en el niño...y a través de ello, en la motivación para leer o estudiar lo que el texto contiene”⁴⁷. En este sentido el texto tiene una presentación muy llamativa, tanto en su portada como en su interior, empleando diversos gráficos a color referentes al tema, en este caso células animales y vegetales, la letra tiene un buen tamaño para su lectura, se emplea de forma adecuada los espacios y los márgenes, su formato es grande y su impresión o edición es vertical, los espacios manejados son apropiados, puesto que cada una de las secciones de texto y de gráficos ocupan espacialmente en el papel un determinado lugar. En cuanto al papel utilizado para la impresión del texto es de buena calidad (grosor) y su color es blanco, lo cual hace que los gráficos y el texto sean más llamativos.

Con relación a la evaluación de un texto escolar (ver tabla 6) se tuvo en cuenta el elaborado por Mejía (1992), que contiene 15 características de un texto que pueden evaluarse con la escala de puntajes que se indica para cada una de ellas. Así, por ejemplo, si el texto que se está evaluando cumple totalmente con la característica 1. (El contenido del texto se ajusta al grado correspondiente), entonces se le asigna un 10; si la cumple escasamente, se le coloca un puntaje de 2. Para dar otro ejemplo: si el texto cumple totalmente con la característica 5 (El texto promueve y conduce a desarrollar valores específicos) recibe una calificación de 6; si solo la cumple a medias, recibe una calificación de 4.

Una vez que se han evaluado las 15 características se suman los puntajes parciales para obtener el puntaje total. Este puntaje se compara con el máximo valor que puede tener la pauta que corresponde al valor 100, resultante de sumar todos los puntajes parciales correspondientes al nivel de cumplimiento totalmente para cada una de las características. A continuación la tabla que contiene los parámetros mencionados:

⁴⁷ Ibíd. Pág. 19

Tabla 5: Instrumento para la valoración de un texto escolar.

Niveles de cumplimiento	TOTALMENTE	A MEDIAS	ESCAZAMENTE	EN NADA
Características del texto				
1. El contenido del texto se ajusta al grado correspondiente.	10	6	2	0
2. El nivel de dificultad del lenguaje es adecuado para los alumnos del respectivo grado.	8	5	2	0
3. El texto presenta información veraz y actualizada.	8	5	2	0
4. La obra contiene actividades que permiten que el estudiante:				
Vincule con su realidad lo que está aprendiendo.	3	2	1	0
Aplique lo aprendido.	3	2	1	0
Efectué procesos de análisis.	3	2	1	0
Desarrolle su creatividad.	3	2	1	0
Emita juicios críticos basados en razones.	3	2	1	0
5. El texto promueve y conduce a desarrollar valores específicos.	6	4	2	0
6. El libro de texto fomenta el desarrollo de habilidades.	6	4	2	0
7. La obra incluye diversas estrategias para entregar la información al estudiante.	4	2	1	0
8. El texto utiliza distintos mecanismos para motivar al estudiante a aprender.	5	3	1	0
9. La información está organizada de manera ordenada y coherente	6	4	2	0
10. Las ilustraciones (dibujos, fotografías, mapas, gráficos) cumplen la función didáctica.	7	4	2	0
11. Las ilustraciones son suficientes, dadas su cantidad y tamaño.	5	3	1	0
12. La extensión del texto es adecuada a la edad y nivel de los alumnos.	6	4	2	0
13. el tamaño de la letra y de los renglones se adecua al nivel lector de los estudiantes.	5	3	1	0

14. El texto contiene secciones (lecturas, talleres, recapitulaciones, etc.) que complementan el desarrollo de los temas.	4	3	1	0
15. El texto fomenta la autoevaluación por parte del alumno.	5	3	1	0
Puntaje total de este texto: _____				
Deficiencias a suplir: _____				
Evaluación global del texto: _____				
Observaciones: _____				

Fuente: Mejía (1992)

Los textos escolares con los cuales trabaja la profesora de los grados cuarto y quinto de la Institución Educativa Real Colegio San Francisco de Asís del área de Ciencias Naturales son la Casa de Las Ciencias Naturales de la editorial Santillana.

Los textos están organizados por zonas (entornos):
Zona de ciencias, tecnología y sociedad.

Zona de procesos químicos y físicos- entorno físico.

Zona de proceso biológico.

Por otro lado estos textos presentan los contenidos y actividades de la siguiente manera, teniendo en cuenta la acción de pensamiento que corresponde a una temática determinada, en este caso los seres vivos ubicados dentro del entorno vivo, donde se centra el tema célula:

1. ¿Qué sabes del tema? (Ideas previas)
2. Debes aprender (contenidos)
3. ¿Cuánto has aprendido? (evaluación)

Acción de pensamiento: explico la importancia de la célula como unidad básica de los seres vivos. Cabe resaltar que para la primera unidad temática de los textos escolares de grado cuarto y quinto se utiliza la misma acción de pensamiento.

Casa de las Ciencias naturales Grado Cuarto:

El libro inicia con una analogía entre las células y los ladrillos de un edificio o una casa

Posteriormente se presenta la definición de célula como: la unidad funcional y estructural de todos los seres vivos, y explica porque la célula presenta tales características. Además en el texto encontramos generalidades de la célula como lo son el tamaño y la forma, las partes de la célula o los organelos celulares tanto animales como vegetales y su función, todo esto va acompañado de ilustraciones y explicaciones.

En esta parte se presentan una serie de actividades como buscar en el diccionario que es unidad y que es básica con el fin de retomar el concepto célula. Dentro de las actividades se pide identificar algunas partes de la célula animal y su función, esto se realiza por medio de un gráfico, una sopa de letras, cuestionario de selección múltiple y unión de palabras.

Además se manejan las competencias ciudadanas a partir de una historieta donde el estudiante entra a ser un personaje más de la misma, en la cual él aporta ideas o soluciones a situaciones planteadas, en este caso el cuidado de plantas de acciones negativas de los hombres hacia los seres vivos.

Por otro lado este texto muestra conceptos sobre lo que son seres unicelulares y multicelulares, de igual manera hace comparaciones entre la célula animal y la célula vegetal en cuanto a diferencias y semejanzas de las estructuras. Además de tener contenido, también propone la realización de una práctica de laboratorio.

Casa de las Ciencias naturales Grado Quinto:

En cuanto el texto escolar de grado quinto este inicia su temática con una serie de preguntas relacionadas con las generalidades de los seres vivos y las diferencias entre la célula animal y vegetal. Seguidamente muestra lo que el educando debe aprender en cuanto a la célula dando una explicación de por qué se dice que la célula es estructural y funcional, que son elementos importantes en la definición. Del mismo modo se presenta la clasificación de la célula, como procariota que son aquellas células que no poseen membrana nuclear y las eucariotas, donde se encuentran las células animales y las vegetales que son células que poseen una estructura celular más compleja, donde su núcleo está rodeado por una membrana nuclear que separa el material hereditario del resto de los organelos a diferencia de la célula procariota donde el material hereditario se encuentra disperso en el citoplasma, este tipo de células las posee las bacterias y los organismos pequeños.

Retomando lo que son las células eucariotas, el texto escolar hace mayor énfasis en la célula vegetal, ya que se explica la función de la pared celular, los cloroplastos y las vacuolas esto va acompañado de ilustraciones tanto de la célula vegetal como la animal donde se indican cada una de los organelos.

Finalmente, el texto propone actividades para determinar las diferencias entre la célula animal y vegetal por medio de preguntas y de acuerdo a las ilustraciones.

A continuación se presentan los resultados obtenidos con la aplicación del instrumento tomado como referencia de Mejía (1992) al texto escolar de la institución:

Tabla 6: Instrumento aplicado evaluación de textos escolares Real Colegio San Francisco de Asís grado 4º y 5º.

Niveles de cumplimiento	TOTALMENTE	A MEDIAS	ESCAZAMENTE	EN NADA
Características del texto				
1. El contenido del texto se ajusta al grado correspondiente.		6		
2. El nivel de dificultad del lenguaje es adecuado para los alumnos del respectivo grado.	8			
3. El texto presenta información veraz y actualizada.	8			
4. La obra contiene actividades que permiten que el estudiante:				
Vincule con su realidad lo que está aprendiendo.		2		
Aplique lo aprendido.			1	
Efectué procesos de análisis.			1	
Desarrolle su creatividad.			1	
Emita juicios críticos basados en razones.			1	
5. El texto promueve y conduce a desarrollar valores específicos.			2	
6. El libro de texto fomenta el desarrollo de habilidades.		4		
7. La obra incluye diversas estrategias para entregar la información al estudiante.	4			
8. El texto utiliza distintos mecanismos para motivar al estudiante a aprender.		3		

9. La información está organizada de manera ordenada y coherente	6			
10. Las ilustraciones (dibujos, fotografías, mapas, gráficos) cumplen la función didáctica.			2	
11. Las ilustraciones son suficientes, dadas su cantidad y tamaño.		3		
12. La extensión del texto es adecuada a la edad y nivel de los alumnos.	6			
13. el tamaño de la letra y de los renglones se adecua al nivel lector de los estudiantes.	5			
14. El texto contiene secciones (lecturas, talleres, recapitulaciones, etc.) que complementan el desarrollo de los temas.		4		
15. El texto fomenta la autoevaluación por parte del alumno.				0
Puntaje total de este texto: 67				
Deficiencias a suplir: Fomentar la autoevaluación en los estudiantes, proponer actividades en las que el estudiante analice, explique y desarrolle su creatividad con respecto al tema.				
Evaluación global del texto: 67%				
Observaciones: El texto escolar tiene varios aspectos favorables, no obstante es indispensable incluir otros elementos importantes, COMO ABORDAR MÁS EL CONCEPTO QUE LA DEFINICIÓN.				

Siguiendo con el análisis del texto escolar consideraremos pertinente mencionar la diferencia entre lo que es una definición y un concepto, para esto tenemos en cuenta el origen de las palabras, etimológicamente:

La palabra definir “viene del latín *definire* formado del prefijo de-, que tiene un valor resultativo e indica una dirección desde arriba hacia abajo y el verbo *finiré* (terminar), de *finis* (final, termino). La idea de definir es una autoridad (de-dirección de arriba abajo) que pone final (*finiré*) a las discusiones. En definitiva, el significado originario de *definire* es la acción de poner límites o fronteras a un concepto, que lo delimiten clara y exactamente y eviten su confusión con otros conceptos parecidos”.

La palabra concepto “viene del latín *conceptum* y este del verbo *concipere*, deriva de *capere*, o sea agarrar o capturar algo. Concebir es unir dos (o más) entidades para formar una tercera distinta de las anteriores. La palabra

concepto, se refiere a una idea que concibe o forma entendimiento. Es decir, es una abstracción retenida en la mente que explica o resume experiencias, razonamientos, o imaginación. En la mente almacenamos una gran cantidad de información. El concepto nace de esa información y le da sentido”. Los aportes de la historia y la filosofía de las ciencias, relacionados con la enseñanza de las ciencias naturales, nos permiten argumentar que un concepto no se agota solamente en la definición; un concepto es producto de todo un proceso dialéctico basado en el descubrimiento, en la búsqueda de nueva información; es una construcción colectiva que parte de la formulación de una pregunta, la cual sintetiza un problema de la vida cotidiana.

En este sentido, es indispensable mencionar que el texto revisado se centra en dar una definición y no trabaja los conceptos, como una forma que permite entender la realidad.

A manera de síntesis y análisis general sobre los textos escolares utilizados en la institución podemos mencionar que aquellos libros producidos por una casa editorial tiene un fin más informativo y de alguna manera didáctico, es decir, su uso es focalizado en el estudiante, por lo tanto cuando el profesor acude como fuente única de consulta en la preparación de sus clases a estos textos, se ubica al nivel del estudiante en cuanto a conocimientos y limita la estudiante en la profundización de los conceptos. A lo que se hace referencia es que si estos textos escolares son elaborados sin recurrir al valor pedagógico de lo histórico y epistemológico, de esa misma manera el profesor no hace consciente dicho valor y mucho menos se dispone a trabajar una transposición didáctica limitada a una información presentada a partir de definiciones y no desde la construcción de los conceptos científicos que necesariamente acuden a la historia y la epistemología para su explicación.

Por eso se recomienda que por lo menos el profesor tenga como fuentes de consulta textos más especializados como los universitarios y orientar la enseñanza más desde los conceptos que desde las definiciones mostrando de esta manera a los estudiantes como la ciencia se transforma, se reconstruye y evoluciona a partir de personas capaces de romper con paradigmas, es en esa historia que se logra entender lo que se sintetiza en muchos textos escolares.

Básicamente este planteamiento es para que sea el profesor de ciencias quien fortalezca y mejore su enseñanza, permitiendo al estudiante un mayor acercamiento al mundo de las ciencias desde el mundo de la vida; no se pretende la creación de cursos de historia de las ciencias sino enseñanza de las ciencias desde los fundamentos históricos y epistemológicos que conciernen a la construcción de los conceptos.

6.6 PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO CÉLULA A PARTIR DE SU HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA

La propuesta didáctica como producto de la investigación y del desarrollo del diseño metodológico se convierte en una alternativa para la enseñanza del concepto célula de gran utilidad en niños de primaria que empiezan a profundizar en el conocimiento celular y de los seres vivos.

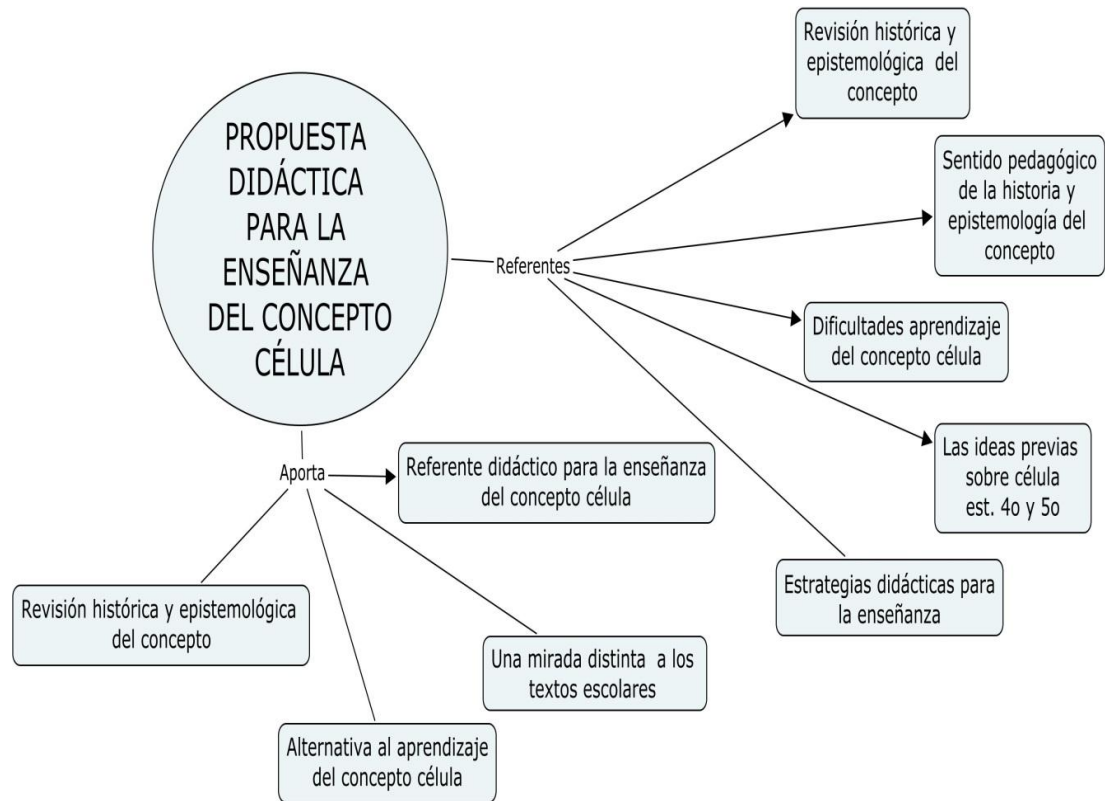
Como propuesta didáctica se recogen los elementos centrales que desde la historia y epistemología son importantes tener en cuenta para relacionarlos con las ideas que los niños tienen sobre el concepto, de tal manera que se plantean unas estrategias didácticas que permiten superar las dificultades conceptuales que los estudiantes tienen sobre célula y de igual manera se hace una organización o secuenciación lógica y coherente de los contenidos que estudiantes de cuarto y quinto grado deben aprender y el profesor enseñar.

Así mismo la estructura de la propuesta didáctica se articula a los referentes que la institución tiene desde los Estándares básicos de competencias en Ciencias naturales.

Es por esto que como propuesta didáctica lo que se pretende no es enseñar historia y epistemología de la célula sino por el contrario entender que la construcción histórica de un concepto adquiere sentido pedagógico y didáctico que de hacerlo consciente, permite abordar la enseñanza del concepto de manera más significativa y coherente con la forma en que se produjo ese conocimiento.

El siguiente gráfico (ver figura 8) recoge los referentes desde los cuales es elaboró la propuesta y sus principales aportes.

Figura 8: Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto célula.



Partiendo de los antecedentes revisados con relación al problema de investigación y de los referentes conceptuales abordados de la historia y epistemología del concepto célula (Teoría Celular) se encuentran los siguientes ejes y problemas centrales para ser desarrollados:

1. La formación de la generalización esencial de la célula como la unidad más pequeña que forma parte del cuerpo de todos los seres vivos, en la que se realizan todas las funciones fundamentales de la vida. En estas ideas queda expresado el fundamento básico de la teoría celular, a un primer nivel de presentación de lo que es general y esencial en el contenido de esta teoría.
2. La célula (organelos, membrana, núcleo) y los procesos celulares (reproducción, fotosíntesis, nutrición, reproducción) sólo son comprendidos parcialmente sin ser articulados en una visión integral.
3. Dos obstáculos propios de la biología: la relación con el experimento y Las modalidades de teorización. Tal como plantea Giordan et al (1988), los

objetos de la biología no son los del realismo simple, sino que se construyen progresivamente mediante confrontación de situaciones concretas y el afrontamiento de las excepciones.

1. El vitalismo como corriente dominante en las explicaciones de la vida, que en los siglos XVIII y XIX, expresa que la diferencia entre lo viviente y no viviente se atribuye a un principio constitutivo y operativo, el principio vital o fuerza vital.
2. La relación micro macro en términos que no se entienda como una célula es capaz de realizar todas las funciones vitales expresadas en un organismo vivo a través de los diferentes órganos y sistemas. Caballer M. y Giménez I (1993) encuentran obstáculos epistemológicos en la imposibilidad de representar mentalmente una célula respirando, comiendo, por ser funciones propias de sistemas complejos del ser humano.
3. El status de célula dentro de la jerarquía orgánica: si la célula es considerada como materia “¿cuál es su papel respecto a la vida?”
4. La mayoría de los dibujos representan una célula plana y no tridimensional; los dibujos, previos a la observación, del aspecto que se espera de las muestras, exponen un escaso conocimiento de la forma y las estructuras celulares de células animales y vegetales, Díaz (1999).

Ahora bien, la institución cuenta con un plan de estudios formulado desde la propuesta de Estándares Básicos de Competencias del MEN y ha estructurado unos contenidos, de los cuales se extraen los siguientes en relación con el concepto célula:

Grado Cuarto (primer periodo)

- Las Células, ladrillos de los seres vivos, tamaño y forma celular, Organelos celulares, células animales y vegetales
- Seres unicelulares y multicelulares.
- Clasificación de los seres vivos: Reino Procariota, Reino protista, Reino Fungi, Reino vegetal, Reino animal⁴⁸.

Grado Quinto (periodos primero y segundo)

- La célula
- Función de nutrición en los seres vivos: nutrición. Celular, nutrición en las plantas, nutrición en los animales, nutrición en el hombre.
- Respiración en los seres vivos: respiración celular, respiración en las plantas, respiración en animales respiración en el hombre Respiración

⁴⁸ Plan de Estudios Área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Grados cuarto y quinto. Real Colegio San Francisco de Asís. Pág. 10

en los seres vivos: respiración celular, respiración en las plantas, respiración en animales respiración en el hombre

- Circulación celular
- Excreción celular
- Reproducción celular
- La célula, origen, estructura y función
- Célula vegetal y Célula animal.
- Organización celular de los seres vivos.
- Diferenciación celular y el origen de los tejidos.
- Nutrición de las células.

Teniendo en cuenta los ejes y problemas centrales enunciados anteriormente lo que se pretende es:

1. Articular y partir de los elementos que desde la historia y epistemología permiten la superación de aquello que en la época fue un obstáculo y que de acuerdo al conocimiento del niño se presenta de la misma manera, con la gran diferencia que hoy conocemos los obstáculos y en el conocimiento de la Biología se cuenta con el planteamiento de la Teoría Celular.

2. Organizar de manera coherente los conceptos que deben trabajarse en los grados cuarto y quinto partiendo de aspectos generales en cuarto (en tres años de escolaridad hay temas que previamente han recibido aunque se evidencien ideas previas que denotan errores conceptuales como los explicados en el análisis del instrumento aplicado) para profundizar en quinto.

3. Construir desde la didáctica estrategias que permitan a los niños acercarse de manera sencilla y amena al conocimiento celular.

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS:

Trabajo experimental: Conocimiento y manejo del microscopio grados cuarto y quinto:

Con relación al trabajo experimental, Hodson (1990) argumenta que: El único valor que tiene la práctica de laboratorio es alcanzar destrezas que sean útiles para la enseñanza superior y que el trabajo de laboratorio debe ser analizado en forma más crítica y por ende debe reconceptualizarse su significado en el aula de clase.

Se hace necesario e importante introducir el uso del microscopio como elemento tecnológico para la exploración del mundo microscópico de la célula, máxime que por ser una estructura microscópica el estudiante accede

a ella en primera instancia desde un modelo mental e imágenes que recibe en su escolaridad.

El primer acercamiento parte del conocimiento de cómo se originó, cómo está conformado, cuáles son sus partes y cómo se articulan para permitir la observación de la estructuras no visibles al ojo humano. Tocarlos, verlo, dibujarlo y relacionarlo con lentes.

Realizar diferentes observaciones con lentes (lupas) de estructuras que vayan de tamaños visibles al ojo e ir disminuyendo en tamaño hasta llegar al nivel microscópico, para diferenciar los poderes de aumento y así entender cómo funciona el microscopio.

Recoger las imágenes mentales que los estudiantes tienen sobre la célula y su estructura a través del dibujo de la célula y sus estructuras.

Realizar observaciones de microorganismos de agua de charca y acercarse a la idea del mundo micro perteneciente a los seres vivos, de igual forma observaciones con montajes de célula animal y vegetal (catafilo de cebolla, mucosa bucal, sangre) que contrasten con sus imaginarios de la célula. Graficar las observaciones e identifica lo observado.

Reflexión entre lo observado y aprendido del concepto, ya que siendo la célula 3D la observación al ojo humano se da en un plano por lo cual es necesario entenderlo.

Retomar la elaboración de dibujos de la célula para evidenciar los cambios posteriores a la observación en el microscopio.

Con respecto a lo anterior, es necesario tener en cuenta que para que las prácticas de laboratorio sobre la célula y sobre otros temas que las requieran sean significativas para los estudiantes, los maestros deben planearlas a partir de procesos de observación, al respecto Pujol plantea que “con frecuencia en la educación infantil y primaria se pasa de *una observación libre a una dirigida con la finalidad de que el alumnado fije su atención; muy a menudo esto comporta la realización de descripciones sobre los hechos, los seres vivos o los fenómenos.*”⁴⁹ por lo tanto en complemento a la teoría, la práctica experimental parte de un principio fundamental con el cual los científicos se acerca a los fenómenos para la generación de conocimiento: la observación, que puede ser libre o dirigida según el propósito didáctico que se requiera.

⁴⁹ PUJOL. Rosa. Departamento de didáctica de las matemáticas y las ciencias experimentales de la Universidad Autónoma de Barcelona.

MODELIZACIÓN: construcción y manipulación de objetos para construir la célula para grados cuarto y quinto:

Gutiérrez (2007) hace referencia a la definición de modelo planteada por Minsky (1968) quien dice: "Si una persona puede responder a una pregunta sobre un experimento hipotético sin realizarlo todavía, entonces con esto ha demostrado algún conocimiento sobre el mundo. Pero su respuesta a la pregunta debe ser una descripción codificada del comportamiento (en el interior de la persona) de alguna sub-máquina "o modelo" que responde a una descripción codificada de la situación cotidiana descrita por la pregunta. Nosotros [Minsky] utilizamos el término "modelo" en el siguiente sentido:

Para un observador B, A^* es un modelo de A [objeto real], en la medida en que [B] pueda utilizar A^* para responder a preguntas [que son del interés de B] sobre A".

A partir de esta definición se puede decir que un individuo puede modelizar la realidad, dependiendo de lo que de ella quiera saber. En el contexto de su definición, Minsky (1968) se refiere al observador o al pensador, pero en otros contextos, el sujeto B puede ser cualquier cosa (Gutiérrez, 2007).

De este modo, la concepción de modelo permite trabajar la visión generalizada de la célula como estructura plana y además con algo en su interior lleva a confusiones y a una generalización sin bases conceptuales, de tal manera que es muy importante el trabajo manual de construcción de modelos tridimensionales que permiten ver un objeto en sus dimensiones reales, por lo tanto el trabajo con modelos permite llevar a escala lo que es la célula como estructura vital del organismo vivo.

En la vida cotidiana se entiende la noción de modelo como una copia de la realidad, como una representación concreta de alguna cosa. Un modelo está constituido por objetos, procesos, acontecimientos o sistemas que son externos a la mente del individuo; además, reproduce aspectos visuales o la estructura de la cosa que se está modelando. En todo caso, cuando se habla de un modelo, generalmente se enfatiza en la existencia concreta de algo (Justi, 2006: 175).

En todo caso, es necesario enfatizar en que un modelo no es una cosa real; el modelo nunca será igual a la realidad. El modelo es útil si nos sirve para explicar lo que queremos explicar con él. Depende de lo que se quiera saber, así mismo se modela la realidad. Dependiendo de las preguntas que se formule, el observador se mueve de un nivel de la realidad a otro, o de un sistema de la realidad a otro (Gutiérrez, 2007).

Fases a tener en cuenta en la elaboración de modelos:

- a)** Elaborar un modelo mental inicial: En la selección del origen del modelo tiene especial importancia el establecimiento de relaciones de analogía con otros elementos. Por ello, es importante que los estudiantes entiendan que una analogía es una comparación entre dos dominios y que, como tal, adolece de limitaciones.

Todos los modelos se construyen con un objetivo específico. Por tanto, al momento de elaborar un modelo se debe definir el objetivo o tener conocimiento del mismo. A partir de allí se buscan observaciones iniciales de la entidad que se está modelando (se refiere a las experiencias que la persona ya tiene o que va a tener con el objeto a modelar). Tales observaciones pueden ser empíricas o pueden ser informaciones previamente existentes (en la estructura cognitiva del individuo o en fuentes externas) acerca de la entidad modelada y del contexto en el cual está inmersa.

Simultáneamente se seleccionan los aspectos de la realidad que se usarán para describir el objeto a modelar. Estos aspectos de la realidad en nuestro caso se toman la célula con la que parece posible establecer una analogía para entender o imaginar esta estructura.

- b)** Revisión del modelo mental: El proceso creativo y dinámico de interacción entre elementos de la fase 1 de construcción de modelos da como resultado un modelo mental que se debe expresar mediante alguna forma de representación (fase 2). Que se busca con este aspecto:
- Permitir que los estudiantes decidan sobre qué forma de representación utilizar. En este caso, los estudiantes tienen que valorar diferentes formas de representación y escoger la más adecuada, teniendo en cuenta criterios propios. Esta opción sólo la podrán utilizar los estudiantes cuando estén familiarizados con distintas formas de expresión o bien, cuando tengan tiempo fuera del aula para reunir los recursos necesarios.
 - Hacer que los estudiantes adopten una única forma de representación. En este caso, el profesor debe justificar por qué se debe utilizar la forma de expresión que él ha escogido.
 - Poner a disposición de los estudiantes diversos recursos y animarles a escoger aquellos que favorezcan la comunicación de sus ideas. En este caso, los estudiantes tienen que valorar diferentes formas de representación y escoger la más adecuada, teniendo en cuenta criterios propios.
- c)** Comprobación de modelos: En el contexto escolar, la fase 3 tiene lugar en dos momentos: en los grupos y en el conjunto de todos los estudiantes del salón. El profesor puede participar en las discusiones de los grupos al

igual que en el momento anterior, es decir, favoreciendo el desarrollo del razonamiento de los estudiantes. Resulta importante que tenga lugar un momento de socialización de los modelos o “maquetas”. Mediante la discusión y reconocimiento de la validez –total o parcial – de los modelos producidos por sus compañeros, los estudiantes pueden entender que es posible la existencia de múltiples modelos para una misma situación.

En el ámbito de las ciencias, en el que se construye y se utiliza el conocimiento científico, los modelos son representaciones mentales mediante las cuales razonan los científicos (Clement, 1989; Giere, 1999; Gilbert, 1993; Nersessian, 1999), que se utilizan para simplificar fenómenos complejos, para elaboración de explicaciones, para ayudar a la visualización de entidades abstractas y para la interpretación de resultados experimentales, entre otros aspectos.

d) Los materiales de trabajo son: plastilina, icopor, cartulina, objetos de diferentes formas (redondo, cuadrados, rectangulares, ovoides).

ANALOGÍAS: un acercamiento al concepto desde la cotidianidad:

La utilización de las analogías posibilita una mayor comprensión de contenidos científicos abstractos y complejos, en nuestro caso el concepto célula, además trabajar con analogías, integra conocimientos científicos con actividades, cosas y objetos inmersos en la cotidianidad de los estudiantes, porque así ellos nunca hayan visto una célula y como están organizadas para formar tejidos, lo cierto es que ellos si pueden ver los ladrillos en una pared y como estos están unidos.

Es así como, las analogías incluyen propuestas tanto de los maestros, como las generadas por parte de los estudiantes. Para explicar mejor la alternativa que posibiliten superar las dificultades que evidencian los estudiantes frente a los seres vivos constituidos por células, es pertinente presentar un ejemplo de analogía que se podría trabajar: si observas las paredes de una casa o un edificio (sin pintar) te darás cuenta que están formadas por muchos ladrillos unidos entre sí. ¿Cómo crees que están conformados los cuerpos de los seres vivos (personas, animales y plantas)?.

En relación con lo anterior, Felipe (2005) cita que las analogías son utilizadas para “...*explicar contenidos científicos y facilitar el proceso de aprendizaje de nuevos conceptos de una manera comprensible para los alumnos. Una analogía guía a los alumnos en la construcción de un modelo mental inicial*”

del concepto a aprender basado en algo familiar. Ese modelo servirá para efectuar la transposición del nuevo conocimiento (Tim, 2004)⁵⁰.

De igual forma las analogías son muy útiles para la enseñanza, ya que facilitan la asimilación de ideas nuevas, para que los estudiantes logren entender mejor el fenómeno / concepto y acercándolos a ideas que les resultan demasiado alejadas de su contexto habitual.

Otro aspecto, para destacar fue el hecho de que el nombre de célula proviene de una analogía o semejanza que hizo Hooke entre las “celdas” en las que vivían los monjes y las figuras que observo en la laminilla de corcho. Por lo tanto se parte de un hecho de la historia haciendo uso de la analogía y a la vez se introduce al estudiante en un viaje a través del tiempo para que conozca de los hechos que llevaron al descubrimiento de la célula.

Un ejemplo de analogía es como el que se presenta a continuación: habitación / célula: la vivienda es el espacio en el que las personas desarrollamos la vida y presenta diferentes lugares de ubicación, agrupamientos, formas y dimensiones. Suele caracterizarse por estar dividida en un número variable de piezas, las habitaciones, equipadas según el uso que se haga de las mismas y delimitadas por las paredes, el techo y suelo. Esto es parecido a lo que ocurre con los diferentes tejidos que conocemos, están compuestos por unas unidades, las células. Éstas son muy variables en cuanto a forma, tamaño, función, duración y disposición pero, al igual que en el caso anterior, comparten aspectos comunes: forman una unidad que se encuentra delimitada por la membrana plasmática, presentan una organización interna (organelos) y están ordenadas en estructuras de mayor complejidad (tejidos).

Otro de ejemplo de analogía es: Fábrica/Célula (Curtis y Reigeluth, 1984). La estructura y funciones de nuestras células se pueden comparar a una factoría. Los procesos de manufacturación se pueden comparar con los procesos vitales que se producen en la célula. Los productos finales son los compuestos que forman las numerosas partes de la célula... La oficina central y el departamento de planificación de la célula están en el núcleo. El núcleo es el centro de control de la célula y controla todo lo que entra en la célula.

⁵⁰ FELIPE, A. (2005). Aportes para la utilización de analogías en la enseñanza de las ciencias. Ejemplos en biología del desarrollo. Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Argentina.

ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA:

Con base en los planteamientos descritos, la organización dentro del plan de estudios tendrá en cuenta cuatro parámetros para su planeación:

1. Preguntas movilizadoras: recogen los planteamientos propios del pensamiento biológico con los cuales se indaga sobre la vida y que de igual forma se intentan resolver en el contexto escolar. De esta manera las preguntas implícitamente tiene los contenidos o conceptos que llevan a las respuestas. Son las preguntas que ubican al niño de acuerdo a sus preconcepciones en los mismos obstáculos que en la época se tenían para explicar la vida desde una unidad fundamental como la célula.
2. Conceptos: A partir de las preguntas se organizan o secuencian los conceptos y con ellos los contenidos que permiten entender el problema para dar solución a las preguntas, de tal manera que se vaya estructurando un pensamiento coherente y articulado con relación a lo vivo. Es así como la secuencia lógica que se construye parte del mundo micro (conocimiento del microscopio) para pasar al mundo macro, conceptualizar que adquiere la categoría de vivo para entender la célula como unidad fundamental para que finalmente se puedan clasificar los seres vivos en reinos.
3. Estrategias didácticas: Elaboradas a partir de los fundamentos didácticos de la experimentación, la modelización y las analogías y que sirven de complemento a la didáctica que el profesor utiliza para la enseñanza. Por eso se enuncian diferentes actividades que permiten el trabajo con los estudiantes y el desarrollo de los conceptos y los contenidos.
4. Desempeños: Retomando la estructura del plan de estudios de la institución a partir de Estándares Básicos de competencias para las Ciencias naturales y educación ambiental, se plantean aquellas acciones que el estudiantes debe alcanzar, realizar o aplicar respecto a:

ESTÁNDAR CICLO II – GRADOS CUARTO Y QUINTO: Identifico estructuras de los seres vivos que les permiten desarrollarse en un entorno y que puedo utilizar como criterios de clasificación.

La forma como se acerca el científico natural al conocimiento

El manejo de conocimientos propios de la Biología

El desarrollo de compromisos personales frente a ese conocimiento.

TABLA 7: Estructura propuesta didáctica para la enseñanza del concepto célula.

Preguntas movilizadoras	Conceptos	Estrategias didácticas	Desempeños
<p>¿Cómo es el mundo micro? ¿Quiénes lo conforman? ¿Cómo observarlos? ¿Para qué sirven?</p>	<p>Microscopio (reseña histórica) Lentes El mundo micro (Microorganismos)</p>	<p>Conocimiento y manejo del microscopio, la historia como relato Trabajos prácticos -Manejo de lentes y lupas -Construcción del microscopio</p>	<p>-Identifico el microscopio como un avance tecnológico para la observación del mundo micro -Construyo a través de lentes un microscopio -Relaciono el mundo micro con el macro -Entiendo la vida tanto en microorganismos como en organismos macro • Formulo preguntas a partir de una observación o experiencia y escojo algunas de ellas para buscar posibles respuestas. • Propongo explicaciones provisionales para responder mis preguntas. • Diseño y realizo experimentos para</p>

			<p>dar respuesta a preguntas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propongo respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otras personas. • Persisto en la búsqueda de respuestas a mis preguntas. • Comunico, oralmente y por escrito, el proceso de indagación y los resultados que obtengo.
<p>¿Qué es un ser vivo? ¿Qué caracteriza a los seres vivos? ¿De qué está conformada la vida? ¿Qué diferencia lo vivo de lo no vivo?</p>	<p>Ser vivo Características seres vivos</p>	<p>Observación del mundo macro Recolección de objetos y seres vivos Descripción y elaboración de dibujos</p>	<p>-Diferencio seres vivos de objetos - Caracterizo un ser vivo -Observo el mundo en el que vivo. -Formulo preguntas a partir de una observación o experiencia y escojo algunas de ellas para buscar posibles respuestas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Respeto y cuido los seres vivos y los objetos de mi entorno. <p>-Propongo explicaciones provisionales para responder mis preguntas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propongo

			<p>respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otras personas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Persisto en la búsqueda de respuestas a mis preguntas. • Comunico, oralmente y por escrito, el proceso de indagación y los resultados que obtengo.
<p>¿Por qué la célula es estructural en los seres vivos? ¿Cuál es su papel respecto a la vida? ¿Qué es capaz de realizar la célula? ¿Cómo se organizan en el cuerpo? ¿Qué formas tienen? ¿Cuál es su tamaño?</p>	<p>La célula unidad básica de seres vivos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Formas -Tamaños Organismos unicelulares y pluricelulares Funciones celulares -Respiración -Digestión -Circulación -Excreción -Reproducción Microorganismos Célula animal y vegetal -Caracterización y diferenciación -Estructuras y 	<p>Cuento “Erase una vez la célula”</p> <p>Trabajos prácticos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Observaciones al microscopio de microorganismos -Observaciones en célula animal y vegetal -Observaciones del huevo como célula visible Analogías -Célula-fabrica -Célula-Habitación -Célula-edificación Modelización 3D -Construcción en plastilina 	<ul style="list-style-type: none"> -Explico la importancia de la célula como unidad básica de los seres vivos. • Identifico los niveles de organización celular de los seres vivos. -Reconozco la célula como unidad propia de los seres vivos -Comprendo las funciones celulares -Relaciono las funciones celulares con las del organismo -Articulo las funciones de la célula con su estructura -Formulo preguntas a partir de una observación o experiencia y

	<p>funciones</p> <p>-Funciones</p>	<p>-Construcción en icopor</p> <p>-Construcción en materiales diversos</p> <p>La historia como relato</p> <p>-Acercamiento al descubrimiento de la célula</p> <p>-Construir la historia de la célula</p>	<p>escojo algunas de ellas para buscar posibles respuestas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Propongo explicaciones provisionales para responder mis preguntas. • Diseño y realizo experimentos para dar respuesta a preguntas. • Propongo respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otras personas. • Persisto en la búsqueda de respuestas a mis preguntas. • Comunico, oralmente y por escrito, el proceso de indagación y los resultados que obtengo.
<p>¿Por qué se clasifican los seres vivos?</p> <p>¿Cómo se clasifican?</p> <p>¿Para qué sirve la clasificación?</p>	<p>Clasificación de los seres vivos:</p> <p>Reino Procariota,</p> <p>Reino protista,</p> <p>Reino Fungi,</p> <p>Reino vegetal,</p> <p>Reino animal</p>	<p>Salidas de campo</p> <p>Trabajos prácticos (laboratorio, modelización)</p>	<p>Clasifico seres vivos en diversos grupos taxonómicos (plantas, animales, microorganismos ...)</p>

7. CONCLUSIONES

El problema planteado en esta investigación se recoge en la pregunta ¿Cómo contribuye pedagógicamente la construcción histórica y epistemológica del concepto célula a su enseñanza y aprendizaje en el aula? Para este problema se asumió como hipótesis, que el análisis histórico epistemológico del concepto célula adquiere un valor pedagógico y didáctico que permite la construcción de una propuesta para que el profesor de Ciencias naturales enseñe el concepto.

En la comprobación de esta hipótesis se planteó un diseño metodológico partiendo de la consideración de varios referentes conceptuales para realizar el análisis histórico epistemológico. De esa manera se revisaron los planteamientos de varios autores, quienes han trabajado la historia y epistemología de la ciencia, tales como Canghilhem (1968), Bachelard (1979); y - en nuestro contexto nacional - se revisaron las contribuciones que al respecto hace Zambrano (2000). De manera complementaria, el diseño metodológico planteó también la revisión de autores, tales como Albarracín (1983) y Giordan (1988), quienes - de manera concreta - reconstruyen el concepto célula a partir de los hallazgos en la teoría. Esta revisión bibliográfica, en uno y otro sentido, resultó favorable porque - por un lado - nos permitió reconocer cómo se construyó el concepto célula y - por otro lado - dicho reconocimiento se pudo hacer desde una perspectiva que permitió realizar el análisis histórico epistemológico de dicho concepto.

En síntesis, esta primera etapa del diseño metodológico aportó consideraciones tanto generales, acerca de la historia y la epistemología de la ciencia, como particulares, acerca del desarrollo y construcción histórica del concepto célula. En cuanto a las consideraciones generales, acerca de la historia y la epistemología de la ciencia, a partir los autores citados, podemos mencionar las siguientes: Bachelard (1948) plantea que el problema del conocimiento científico desde una mirada psicológica se debe considerar desde la noción de obstáculos, vistos desde la mirada de la propia construcción del conocimiento, es decir, en la acción misma de conocer. Canghilhem (1968) plantea una dirección para el análisis histórico, ir del concepto a la teoría. Esta dirección se justifica según el autor ya que definir un concepto es formular un problema (surgimiento de preguntas para la solución del problema). Desde la perspectiva de Zambrano (2003) la naturaleza del problema que da origen al concepto en ciencias se describe a partir de una lógica teórica que comprende el conjunto de enunciados que

abarca, los problemas, conceptos, explicaciones argumentos e hipótesis en la cual está inmerso el problema y la lógica experimental que involucra la experiencia física, su matematización y los conceptos relacionados que explican el suceso o evento natural.

Así mismo en el diseño metodológico se tuvo en cuenta el análisis de las preguntas centrales que se derivan del estudio histórico – epistemológico del concepto célula. Las mismas se formulan a continuación:

De igual manera se partió de unos principios centrales, los cuales fueron:

- ✓ ¿Cuáles problemas fueron el punto de partida para la construcción del concepto?
- ✓ ¿Qué descubrimientos permitieron resolver los problemas fundamentales de lo vivo?
- ✓ ¿Qué obstáculos se presentaron en el desarrollo de dichos problemas?
- ✓ ¿Cómo abordaron los problemas para resolver las preguntas que surgían a partir de lo vivo?

Ya de manera particular, el análisis de la construcción histórica del concepto célula, permitió identificar los siguientes elementos a destacar de su historia:

- El problema fundamental de la Biología es el esclarecimiento entre la relación estructura vida: materia vida, es decir, de qué está constituido un organismo para adquirir la categoría de vivo. Durante los siglos XVII y XVIII el problema que moviliza los diferentes intentos de generación de teorías es la búsqueda de la composición de la materia viva ¿de qué están compuestos los organismos? ¿Cuál es la materia fundamental de todo ser vivo? ¿Existe un elemento esencial y primordial que permita sustentar el origen de las especies y con ello explicar las funciones y relaciones entre la materia viva?
- El momento histórico propio de la época en la cual se desenvolvían y efectuaba una serie de conjeturas, hipótesis, y conocimientos alrededor de la materia viva, está ligado a una corriente dominante en las explicaciones de la vida denominada el vitalismo.
- La relación micro macro no era clara ya que no se entendía como una célula es capaz de realizar todas las funciones vitales expresadas en un organismo vivo a través de los diferentes órganos y sistemas. Un elemento que no permitía superar esta concepción fueron dos obstáculos propios de la biología: la relación con el experimento y las modalidades de teorización.

- El descubrimiento de la célula se le atribuye a Robert Hooke en el año 1667, cuando se encontraba haciendo observaciones en corcho y detallo que lo que veía tenía apariencia a un panal de abejas, dichas formas hexagonales o celdas las denominó células.
- La publicación y promulgación de la teoría celular surgen preguntas problema, que empezaron a movilizar debates y posiciones epistemológicas, de acuerdo a los paradigmas existentes ¿se puede explicar la materia viva a partir de una misma unidad funcional?, y ¿es el organismo una asociación de células, o se descompone en células?, preguntas que dan validez a la teoría como elemento de conocimiento para la biología.

A partir de esta revisión bibliográfica que permitió vislumbrar el desarrollo histórico de la biología desde su objeto de estudio –la vida- se identifican obstáculos epistemológicos que no permitían en su momento entender el complejo mundo de la vida como de igual forma se presenta en un estudiante que se acerca al conocimiento de este aspecto en el aprendizaje de las ciencias naturales. Es por esto que se deducen las siguientes categorías:

- La relación teoría práctica como fundamento didáctico que permite a través de la experimentación un mejor acercamiento a un concepto abstracto para el estudiante como es la célula. Por lo cual, su conocimiento y construcción a partir de la observación de la misma como de la construcción de modelos lograrán en el estudiante un modelo de célula menos alejado de la realidad. Con lo cual se supera la idea e imagen plana y se entiende la célula dentro de la estructura de diferentes organismos vivos.
- El descubrimiento y denominación de célula como unidad fundamental para entender la vida. La formación de la generalización esencial de la célula como la unidad más pequeña que forma parte del cuerpo de todos los seres vivos, en la que se realizan todas las funciones fundamentales de la vida. Por lo tanto se busca entender como la célula como unidad realiza todos los procesos que se expresan en el nivel sistémico y organísmico para así concebir una célula respirando, excretando moviéndose y realizando todas las funciones propias de organismos vivos.
- La teoría celular como fundamento de la célula y la vida. Donde a partir de su estudio se introduce como la construcción del concepto permite entender la evolución de las ideas y del pensamiento biológico en la explicación de la vida. Elemento dejado de lado en los planes de estudio de educación básica ya que se introduce al estudiante

directamente desde la definición de célula, de su estructura y de sus funciones.

Es por esto que la investigación resalta como a partir de la historia de las ciencias y de los conceptos se muestra una ciencia de altibajos, errores, discusiones y debates más allá de la ciencia lineal y de descubrimientos mágicos, que no son así porque la historia y el descubrimiento de los conceptos es hecho por hombres que en su momento plantearon solución a los problemas propios de la época y que los movilizaron a generar conocimiento.

Aunque exista la tendencia a tomar la historia de las ciencias como referente para analizar el pensamiento del estudiante, es muy importante rescatar el valor pedagógico que para el profesor debe tener el conocimiento de la construcción epistemológica del concepto. Se vislumbran los obstáculos epistemológicos que sirven como elemento de análisis para la construcción de propuestas didácticas para la enseñanza y el aprendizaje. Es por esto, que la revisión histórica y epistemológica ofrece herramientas conceptuales pero a la vez didácticas para que el profesor primero, conozca y acceda a la construcción del concepto, lo cual incluye conocer la historia pero entender cómo se superaron los obstáculos en el entendimiento de la vida asociados de manera semejante a los obstáculos que el estudiante tiene cuando aprende sobre la vida; segundo, al entender los obstáculos, el profesor tendrá una secuencia coherente y articulada para enseñar el concepto de manera secuencial y lógica que permita acercarse más fácilmente al estudiante al aprendizaje del concepto.

Con relación a las ideas previas de los estudiantes de los grados cuarto y quinto de la Institución Educativa Real Colegio San Francisco de Asís se encontró en términos generales que:

La mayor dificultad que presentan los estudiantes es reconocer a los seres vivos como seres constituidos por células, asignando carácter celular a los animales y no tanto a las plantas. En consecuencia, el problema fundamental es: la falta de comprensión (en los estudiantes del grado quinto) y desconocimiento (en los estudiantes del grado cuarto) de la célula como la unidad constituyente de los seres vivos.

La incompreensión de las funciones vitales en la célula, ya que los estudiantes no identifican muchas de las funciones que esta cumple. Esto evidencia la carencia de comprensión de los estudiantes del grado quinto en cuanto a los procesos realizados por la célula, ya que se supone (según el plan de estudios) que dichos estudiantes deberían manejar esta información.

Los estudiantes presentan gráficos de modelos planos los cuales han influido en la incompreensión biológica de la célula al imposibilitar la idea mental de

célula tridimensional. Siguiendo con esta idea podemos afirmar que los textos escolares influyen en la concepción plana de célula, ya que sus gráficos en su gran mayoría hacen referencia a estructuras planas, dejando a un lado la modelización de una célula en acción o como estructura viva.

Aunque la mayoría de estudiantes reconocen que la célula se puede observar a través del microscopio, no hay una explicación clara del porque este instrumento es el apropiado y concuerda con el hecho que es poco el trabajo experimental y de observación al respecto. Ahora bien, todo ello supone que los estudiantes tienen una experiencia básica con respecto al manejo y conocimiento del microscopio, además de su funcionalidad, ya que este tema no se encuentra considerado dentro del plan de estudios de la institución, la idea del tamaño (micro-macro) es fundamental en cualquier tipo de estudio de la célula.

Los estudiantes no tienen asimilada la idea de célula de forma significativa, porque se evidencia desconocimiento en lo que se refiere a seres vivos constituidos por células, desconocimiento de los organelos.

Por otra parte, con relación a los textos escolares con los cuales se guía la enseñanza en estudiantes de educación básica, fueron evaluados y analizados los que la institución utiliza para la enseñanza de las ciencias naturales y del concepto célula, aunque traen información respectiva al tema, mantienen una mirada desde las definiciones que aunque sea de manejo escolar, no puede ser un único referente para el profesor encargado de la enseñanza del concepto. De ahí el producto de la revisión histórica y epistemológica se convierte en un buen referente de consulta y asesoría para el profesor de ciencias naturales. De igual forma, como están presentados los textos escolares influyen en la concepción plana de célula, ya que sus gráficos en su gran mayoría hacen referencia a estructuras planas, dejando a un lado la modelización de una célula en acción o como estructura viva. Por eso se recomienda que por lo menos el profesor tenga como fuentes de consulta textos más especializados como los universitarios y orientar la enseñanza más desde los conceptos que desde las definiciones mostrando de esta manera a los estudiantes como la ciencia se transforma, se reconstruye y evoluciona a partir de personas capaces de romper con paradigmas, es en esa historia que se logra entender lo que se sintetiza en muchos textos escolares.

A partir de lo descrito, teniendo en cuenta el conocimiento de las preguntas que dieron origen a la construcción del concepto y la forma en que se superaron, como resultado final de este proyecto de investigación, se diseñó una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto célula. Dicha

propuesta parte de preguntas problematizadoras contenidas en cuatro apartados, cuyo ofrece una secuencia coherente y articulada de conceptos para el desarrollo del nivel celular. Dichas preguntas son:

1. ¿Cómo es el mundo micro? ¿Quiénes lo conforman? ¿Cómo observarlos? ¿Para qué sirven?
2. ¿Qué es un ser vivo? ¿Qué caracteriza a los seres vivos? ¿De qué está conformada la vida? ¿Qué diferencia lo vivo de lo no vivo?
3. ¿Por qué la célula es estructural en los seres vivos? ¿Cuál es su papel respecto a la vida? ¿Qué es capaz de realizar la célula? ¿Cómo se organizan en el cuerpo? ¿Qué formas tienen? ¿Cuál es su tamaño?
4. ¿Por qué se clasifican los seres vivos? ¿Cómo se clasifican? ¿Para qué sirve la clasificación?

La principal contribución de la propuesta didáctica que se ha diseñado como resultado final de este proyecto de investigación, radica en que la misma pretende establecer un *punteo* o relación – que hasta hace aparecía invisible en el contexto escolar - entre la didáctica de las ciencias y la historia de las ciencias. Esta es una línea de investigación que empieza a abrirse paso en el contexto nacional y que ya tiene un camino recorrido en el contexto internacional. A nivel nacional, autores como Zambrano (2000), Zúñiga (2007) y Cerquera (2009) – entre otros - vienen asesorando o realizando proyectos de investigación que se ubican en la misma línea que se está desarrollando en este proyecto de investigación: el análisis histórico – epistemológico de algunos conceptos científicos y la derivación – a partir de allí – de propuestas didácticas para la enseñanza de los mismos.

Resulta por demás interesante plantearse el diseño de propuestas didácticas para la enseñanza de las ciencias, y en este caso particular para la enseñanza del concepto célula, partiendo de la revisión de las contribuciones que se puedan derivar de la revisión de la construcción histórica del mismo. Este interés cobra relevancia cuando se plantea que la contribución de la historia de la ciencia a la enseñanza de las ciencias va más allá del suministro de fechas y acontecimientos relacionados con el avance y el desarrollo de la ciencia. Debe quedar claro entonces, que en este proyecto de investigación no se pretendió convertir la clase de ciencias en una clase de historia de las ciencias. Por el contrario, lo que se pretendió fue hacer una revisión – en contexto histórico – de las dificultades conceptuales y epistemológicas que el ser humano dedicado a la ciencia tuvo que afrontar y superar en su momento, para – a partir de allí – generar conocimiento científico en torno a la comprensión – de manera particular – del concepto célula.

En este sentido, este proyecto de investigación – conservando la misma línea de los autores que ya se han referido – pretendió analizar cuáles fueron esas dificultades epistemológicas que superó el ser humano de la ciencia (en torno al concepto célula) y cómo el análisis de las mismas brindó elementos conceptuales para la construcción de una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto célula en el contexto escolar. Este es el sentido del *puente* o relación - de la cual hablábamos anteriormente - entre la historia de las ciencias y la didáctica de las ciencias naturales.

Desde lo planteado anteriormente, la validez de esta propuesta de carácter teórico y práctico en la recolección de ideas previas, análisis de textos y de un plan de estudios dependerá de su aplicación a la enseñanza, que se espera llevar a cabo en una etapa posterior a esta investigación, donde se integren los resultados de la presente a los aportes derivados de otras disciplinas, en una propuesta de enseñanza aprendizaje y evaluación para el concepto de célula en el contexto escolar. La revisión y el análisis elaborado permiten tener referentes históricos, epistemológicos y didácticos para la enseñanza del concepto célula que el profesor de ciencias naturales puede hacer uso para buscar superar muchas de las dificultades referenciadas en el aprendizaje de célula en la educación básica, lo cual se espera referenciar en la aplicación de esta propuesta en una próxima investigación.

La investigación tiene como referente la experimentación por la importancia que tiene ésta en la enseñanza de las ciencias y fundamentalmente se hace indispensable en las prácticas que a nivel celular permiten acercarse a la enseñanza del concepto y entender la célula como concepto estructurante y fundamental en el entendimiento de lo vivo. Ahora bien, el valor pedagógico que adquiere la historia y la epistemología ofrece herramientas para estructurar la enseñanza del concepto que incluye de manera didáctica establecer una relación entre la teoría celular y las prácticas que llevan al entendimiento del concepto. En este sentido asumir la enseñanza desde la construcción del concepto es asumir una articulación en su enseñanza, ya que en la misma historia del concepto lo experimental permitió llegar a los resultados, hallazgos y conocimientos que hoy en la enseñanza se tienen para materializarse en el aula de clase con su respectiva transposición didáctica. Básicamente hacer conciencia de ese valor pedagógico permite un abordaje distinto de la enseñanza y del entendimiento de las dificultades que los estudiantes presentan cuando se quiere aprender un concepto complejo y transversal en la escuela.

Lo que la investigación aporta en este campo es atreverse a dar una mirada distinta en la estructuración de los planes de estudio para enseñar la célula y más aún de lo vivo. Por eso se hizo revisión del plan de estudios de la institución y de los textos escolares para plantear una propuesta didáctica

que lleva al profesor de básica primaria de manera coherente a estructurar los contenidos y así mismo a ir de lo simple a lo complejo en el entendimiento de la vida. Más que un texto de contenido celular, es la reflexión pedagógica y didáctica del entendimiento de la vida a partir del conocimiento de la célula; es ofrecerle al profesor un punto de partida para hacer consciente la estructuración del conocimiento científico y el entendimiento del pensamiento del niño frente al concepto.

Finalmente, con esta investigación se aporta en el enfoque que se puede dar en un análisis histórico epistemológico de los conceptos para el propósito de construir propuestas en la formulación y estructuración de planes de estudio en Ciencias Naturales como alternativa a los planes tradicionales en la enseñanza del concepto célula.

Anexos

8. ANEXOS

8.1 ANEXO 1: Contexto y población de la Investigación.

Real Colegio San Francisco de Asís	Institución perteneciente a una fundación de carácter privado. Ubicado al norte de la ciudad de Popayán sector El Chamizal. Ofrece Educación Preescolar, Básica Primaria y Secundaria y Educación Media. Población mixta de población total 480 estudiantes
Población de estudio Grado Cuarto	20 estudiantes. Edades entre 9 y 10 años.
Población de estudio Grado Quinto	29 estudiantes. Edades entre 10 y 11 años.

8.2 ANEXO 2: CUENTO “ERASE UNA VEZ LA CÉLULA”

Había una vez, hace mucho tiempo, tanto que ya no recuerdo, existía una raza de seres que querían saber todo acerca de todo.

Un día uno de estos seres llamado Zacharias, quien era fabricante de lentes, descubrió que colocando dos lentes a cierta distancia y mirando a través de ellos se podía apreciar las cosas de un tamaño muchísimo mayor al real; esto hizo que muchos de ellos se interesaran en el nuevo invento.

Uno de los más interesados fue un vendedor de tejidos llamado Leeuwenhoek, él se distraía contando los hilos de cada tejido con el nuevo invento, pero pensó que tal vez si mejorar la calidad de las lentes, el número y la disposición, podría ver cosas mucho más interesantes; entonces Leeuwenhoek empezó a trabajar como loco para construir un nuevo microscopio, como habían llamado al invento de Zacharias y después de un tiempo lo logro y se maravilló al ver por su nuevo invento y descubrir que en una gota de agua, podía haber más vida y agitación que en la misma ciudad.

Leeuwenhoek estaba emocionado podía ver protozoarios, espermatozoides, y hasta bacterias, pero entonces una cuestión los embargo a todos, ¿Qué

son estas estructuras que componen la materia viva y que en algunos casos son la vida misma?

Era extraño e incierto el nuevo mundo que acababan de descubrir a través de la creación de Leeuwenhoek, pero a la vez escondía tantos secretos que ellos querían saber, que inmediatamente se dieron a la tarea de aprender más acerca de ello.

Ello era un nombre feo para algo tan importante y uno de estos seres apellidado Hooke pensó que cuando el observaba una laminilla de corcho a través del microscopio, le parecía estar viendo las celdas donde los monjes se encerraban a meditar, así que propuso que se llamara célula y así se hizo.

Cada día se aprendía algo nuevo, se descubría una nueva estructura de la célula, y a medida que se construían mejores microscopios esta extraña raza aprendía más sobre sus misterios.

Pero a pesar de que mucho habían aprendido, pocas cosas estaban claras. Dos de los seres integrantes de esta raza llamados Mathias y Theodoro junto con otros observadores comentaron, 4 cosas forman nuestra teoría acerca de la célula:

1. Todas las formas de vida nacen de una o más células.
2. Las células se producen solamente de células preexistentes.
3. La célula es la forma de vida más pequeña.

Esto no era suficiente para estos seres, ellos querían más, saberlo todo, entenderlo todo, definirlo todo, si allí estaba encerrado el secreto de la vida, ello lo iban a descubrir.

Así continuaron inventando nuevos instrumentos que les permitieron ver más allá de lo que sus ojos y los microscopios ópticos les permitían y entonces cambiaron las lentes por campos magnéticos y la luz por electrones, ahora podían estudiar las ultra estructuras de la célula, por un momento pensaron que ese era el punto final y que todos los secretos estaban revelados; pero al desarrollar el microscopio de efecto de túnel encontraron nuevas sorpresas y nuevos interrogantes, aquella estructura que habían encontrado ya hacia cientos de años y que habían definido de una forma tan sencilla como la unidad fundamental de la vida capaz de realizar todos los procesos vitales, ya no parecía tan sencilla.

Pero esto no desalentaba a nuestros extraños seres porque cada cosa nueva que descubrían acerca de la célula les permitía mejorar sus hazañas en otras fronteras, como por ejemplo en la salud, ellos descubrieron que cuando una célula enloquece, empieza a reproducirse como loca perjudicando a otras células, esto puede transformarse en una enfermedad que llamarán cáncer.

O también en la genética, cuando se dieron cuenta que una parte de la célula la cual denominaron núcleo contenía toda la información necesaria para la reproducción de la célula, esto les sirvió mucho y pudieron realizar uno de los más grandes logros de su raza como fue producir una oveja idéntica a otra, cosa que la naturaleza hace a diario.

Pero la historia de la célula aún no ha terminado porque en este preciso momento, en alguna parte de este mundo donde habitan esos seres extraños llamados humanos algo nuevo acerca de la célula se debe estar descubriendo y por eso esta historia nunca tendrá fin.

8.3 ANEXO 3: INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCION DE IDEAS PREVIAS DE CÉLULA CON LOS ESTUDIANTES DE LOS GRADOS 4o Y 5o

1. Señala con una "X" los seres vivos:



2. ¿Qué características tienen los que señalaste con una "X" como seres vivos? Nombra diferentes características
3. ¿Qué características tienen los que no señalaste con una "X"? Nombra diferentes características
4. Cuando sufres una cortadura, te duele y te sale sangre, pero después de algunos días está herida se empieza a cerrar y sana. ¿Por qué crees que sucede esto?

5. Señala con una "X" los procesos que se llevan a cabo en la célula:

- Respiración _____
- Excreción _____
- Digestión _____
- Locomoción _____

- Reproducción _____
- Otros: _____ ¿cuáles?

6. Dibuja lo que para ti es una célula

7. "... Hace mucho tiempo un hombre llamado Zacharias, quien era fabricante de lentes, descubrió que colocando dos lentes a cierta distancia y mirando a través de ellos se podían apreciar las cosas de un tamaño muchísimo mayor al real; esto hizo que muchos de ellos se interesaran en el nuevo invento al cual llamaron microscopio..."
¿Cómo puedes observar una célula? Y ¿por qué?

8. Si comparas a un ser vivo con un rompecabezas, cuáles serían las fichas más pequeñas que conforman el rompecabezas, capaces de realizar funciones como la nutrición, respiración, excreción, etc. ¿Por qué?

7.4 ANEXO 4: SISTEMATIZACIÓN INSTRUMENTO IDEAS PREVIAS

GRADO CUARTO 20 ESTUDIANTES	No Est.	Porc.
1. Señala con una "X" los seres vivos:		
SERES VIVOS	20	100%
2. ¿Qué características tienen los que señalaste con una "X" como seres vivos? Nombra diferentes características.	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: tienen vida porque son seres vivos		
Poseen vida	3	15%
b. Respuestas de los estudiantes:		
- Los seres vivos respiran, piensan, caminan, se reproducen, nacen, crecen y mueren.		
- Los humanos pueden respirar y exhalar, cosechar y trabajar, el árbol nos da oxígeno y la vida; el caballo corre y nos ayuda a llevar cosas pesadas, es muy rápido para escapar de sus presas.		
Funciones vitales	6	30%
c. Respuestas de los estudiantes: tienen cola, mandíbula, piernas, tallo, hojas, patas, raíces, cabeza, piel, ramas, cabello, fuertes, dan frutos, tiene nariz y boca, se alimentan y viven en el medio ambiente.		
Características físicas	4	20%
d. Respuestas de los estudiantes: que tienen vida se pueden mover.		
Movimiento	3	15%
e. Respuestas de los estudiantes: porque ellos sienten, oyen y comen		

Sentir	2	10%
f. Respuestas de los estudiantes: utilizan ropa y zapatos		
Vestuario	2	10%
3. ¿Qué características tiene los que NO señalaste con una "X"? Nombra diferentes características.	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: porque no tienen vida		
No poseen vida	4	20%
b. Respuestas de los estudiantes: no se mueven porque no tienen vida, son contruidos por el humano, el carro se mueve y la mesa se mantiene quieta, no tiene oxígeno y muchas cosas más.		
Sin movimiento	5	25%
c. Respuestas de los estudiantes: tienen llantas, vidrios, patas, madera y metal y tecnología.		
Características físicas y de composición	3	15%
d. Respuestas de los estudiantes: el auto es un medio de transporte y nos sirve para llevarnos a una parte de Colombia, el carro es muy malo para el ambiente y nos daña la atmosfera. La mesa es útil para comer y ayuda a apoyar la hija para escribir.		
Utilidad	3	15%
e. Respuestas de los estudiantes: no respiran, no caminan, no se reproducen, no nacen, no crecen, no mueren, no oyen, no huelen		
Sin funciones vitales	3	15%
f. Respuestas de los estudiantes: no pueden oír, ver lo que pasa y no sienten cuando los golpeamos		
No poseen sentidos: 2 estudiantes (10%)	2	10%
4. Cuando sufres una cortadura, te duele y te sale sangre, pero después de algunos días está herida se empieza a cerrar y sana. ¿Por qué crees que sucede esto?	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: una célula hace ese proceso, porque da la orden al tejido de que se cierre la herida, formando una especie de capa para cerrarla; las células se unen para formar la piel.		
Tiene Células	5	25%
b. Respuestas de los estudiantes: hay unas células llamadas plaquetas que cuando hay una herida, ellas se acumulan ahí y forman un tipo de capa para que pare la sangre llamada coagulo; porque las plaquetas hacen su trabajo que es curar nuestras heridas.		
Poseen Plaquetas	4	20%
c. Respuestas de los estudiantes: los glóbulos rojos empiezan a funcionar y pasan los días y la herida va cerrando.		
Glóbulos rojos	2	10%
d. Respuestas de los estudiantes: por los glóbulos blancos		
Poseen Glóbulos blancos	1	5%

e. Respuestas de los estudiantes: las capas de la piel se vuelven a unir y se cierra la capa		
Piel	1	5%
f. Respuestas de los estudiantes: se cura por tiempo		
Tiempo	1	5%
g. Respuestas de los estudiantes: porque la tiene que cuidarse por eso se cierra; por que se realiza locomoción; por tropezar y empujar; se tienen paredes que se arman, entonces esas paredes se empiezan a cerrar; por que las etiquetas la tapan; porque hacen la función de detener la sangre.		
No responde	6	30%
5. Señala con una "X" los procesos que se llevan a cabo en la célula:	No Est.	Porc.
∅ Respiración	15	75%
∅ Excreción	10	50%
∅ Digestión	8	40%
∅ Locomoción	8	40%
∅ Reproducción	13	65%
∅ Otros		
- El núcleo de la célula.	1	5%
- Protección del cuerpo.	1	5%
6. Dibuja lo que es para ti una célula:	No Est.	Porc.
En general los dibujos realizados por los estudiantes presentan una forma circular plana, la mayoría de los gráficos representan la célula animal, en la cual se distinguen algunas figuras, que podrían ser organelos. De igual forma, en la mayoría de los dibujos se logra identificar el núcleo, en la parte central de estos.	19	95%
Se puede considerar que un estudiante trato de dibujar la célula de forma tridimensional.	1	5%
7. "... Hace mucho tiempo un hombre llamado Zacharias, quien era fabricante de lentes, descubrió que colocando dos lentes a cierta distancia y mirando a través de ellos se podían apreciar las cosas de un tamaño muchísimo mayor al real; esto hizo que muchos de ellos se interesaran en el nuevo invento al cual llamaron microscopio..." ¿Cómo puedes observar una célula? Y ¿Por qué?	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: con un microscopio porque es muy pequeño; con un microscopio para poder ver las células; las células se pueden ver por el microscopio porque tienen un mecanismo para poderlas ver; se pueden ver para trabajos, experimentos y actividades.		
Microscopio	16	80%
b. Respuestas de los estudiantes: con un telescopio		
Telescopio	1	5%
d. Respuestas de los estudiantes: si porque si, no porque no; no se puede observar pero con el lente sí; porque eso nos sirve para poder aumentar la vista.		
No responde	3	15%

8. Si comparas a un ser vivo con un rompecabezas, cuáles serían las fichas más pequeñas que conforman el rompecabezas, capaces de realizar funciones como la nutrición, respiración, excreción, etc. ¿Por qué?	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: la célula nos da todo; las fichas de un rompecabezas tienen unas fichas, esas serían las células que conforman a un ser vivo; las células porque ellas realizan estas funciones; las células que forman un ser humano;		
Célula	12	60%
b. Respuestas de los estudiantes: no entendí; porque el ser vivo se mueve y el rompecabezas no; las fichas más pequeñas son ojos, nariz, boca, etc.; la bilis; nutrición, respiración, para estar más saludables; el rompecabezas es una imagen y el otro es un ser vivo; por el medio.		
No responde	8	40%

GRADO QUINTO 29 ESTUDIANTES	No Est.	Porc.
1. Señala con una "X" los seres vivos:		
SERES VIVOS	29	100%
2. ¿Qué características tienen los que señalaste con una "X" como seres vivos? Nombra diferentes características.		
a. Respuestas de los estudiantes: el caballo por que vive		
Poseen vida	2	6,8%
b. Respuestas de los estudiantes:		
- El árbol, tiene raíz; nos da oxígeno; tienen frutos.		
- Los humanos, tiene un corazón, circulación y sangre que bombea; porque es como yo.		
- El animal, porque come como nosotros; tiene corazón y órganos que usa para vivir; vive de la naturaleza.		
- El humano, puede moverse; camina y siente; sienten y respiran; sienten lo que les hacemos.		
Pueden nacer, crecer, moverse, reproducirse y morir, piensan, respiran, se alimenta, caminan, hacen procesos, caballo: no producen su propio alimento, árbol: producen su propio alimento, comen, hacen sus necesidades.		
- El caballo, siente y se mueve.		
Funciones vitales	20	69,00%
c. Respuestas de los estudiantes: tienen células vivas; todos están formados por células; tienen célula vegetal y animal.		
Célula	7	24.1%
3. ¿Qué características tiene los que NO señalaste con una "X"? Nombra diferentes características.	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: porque no tienen vida; el carro porque no vive; el carro vota gasolina y humo y ni la gasolina ni el humo son seres vivos, porque contaminan al aire y los pulmones y la mesa no es un ser vivo porque no se reproduce; son procesados.		
No poseen vida	6	20,70%
b. Respuestas de los estudiantes: porque no se mueven		
-Mesa: no puede hacer nada, la hizo el hombre y no creció como ser vivo, no siente		
- Carro: para moverlo lo tiene que hacer un hombre, se mueve por combustible		
Sin movimiento	5	17,20%
c. Respuestas de los estudiantes: no tienen porque son hechas con tecnología.		
-Mesa: está hecha de madera		
-Carro: funciona con gasolina y partes mecánicas.		

Características físicas y de composición	2	6,9%
d. Respuestas de los estudiantes: mesa sirve para ayudarnos a asentar cosas, nos sirven para transportarnos de un lugar a otro		
Utilidad	1	3,4%
e. Respuestas de los estudiantes: no respiran, no caminan, no se reproducen, no nacen, no crecen, no mueren, no oyen, no huelen, no se alimentan, no tienen circulación, no se mueven		
f. Respuestas de los estudiantes: el carro no ve a las personas, no sienten nada		
Sin funciones vitales	8	27,6%
g. Respuestas de los estudiantes: no tienen células vivas y su movimiento lo causan los seres vivos; ninguno está formado por células,		
- Mesa: corteza de árbol, sin células, no es ni un animal, ni una planta.		
- Carro: sin célula, artículo que hace la vida del humano más fácil, porque no tienen células vegetales ni animales, no respira como los humanos.		
No poseen células	7	24.1%
4. Cuando sufres una cortadura, te duele y te sale sangre, pero después de algunos días está herida se empieza a cerrar y sana. ¿Por qué crees que sucede esto?	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: por que las células se van acumulando y regeneran el tejido y el cuerpo, porque una célula que está en la sangre coagula y cierra la herida permitiendo que no salga más sangre, porque se coagula la sangre por las células, la célula cura, reconstruye y cierra la piel que fue afectada por la cortadura.		
Poseen Células	6	20,7%
b. Respuestas de los estudiantes: son las que se encargan de esta función, cerrar las heridas en la piel formando cicatrices		
Tienen Plaquetas	4	13,8%
c. Respuestas de los estudiantes: primero se cicatriza y se estira, pero las que no hacen este proceso tiene que cogerle puntos.		
Cicatrización	2	6.9%
d. Respuestas de los estudiantes: porque los glóbulos blancos sellan o cierran las heridas.		
Poseen Glóbulos blancos	2	6.9%
e. Respuestas de los estudiantes: porque se coagula la sangre y se regenera la piel, la piel se expande o se extiende o se estira y se cierra, porque la piel se abre y sale sangre; la piel se junta porque tiene unos microorganismos, entonces cuando ellas se separan, ellos se corren para poco a poco y así se cierra la piel; la piel se cicatriza y si no se cerrara no serias un ser vivo.		
Piel	5	17,2%
f. Respuestas de los estudiantes: porque los tejidos vuelven y regeneran-		
Regeneración	1	3,4%
g. Respuestas de los estudiantes: por la reproducción de las células.		
Reproducción celular	1	3,4%

h. Respuestas de los estudiantes: porque la herida se cierra		
No responde	8	27.8%
5. Señala con una "X" los procesos que se llevan a cabo en la célula:	No Est.	Porc.
∅ Respiración: 23 estudiantes (79.3%)	23	79,3%
∅ Excreción: 22 estudiantes (75,9%)	22	75,9%
∅ Digestión: 18 estudiantes (62%)	18	62%
∅ Locomoción: 5 estudiantes (17.2%)	5	17.2%
∅ Reproducción: 24 estudiantes (82.7%)	24	82,7%
∅ Otros		
- Nutrición: 5 estudiantes (17.2%)	5	17,20%
- Alimentarse: 1 (3.4%)	1	3,4%
- Crecer: 1 (3.4%)	1	3,4%
6. Dibuja lo que es para ti una célula	No Est.	Porc.
Las formas de los dibujos realizados por los estudiantes son diversas, entre estas tenemos, rectángulos, círculos, amorfas entre otras, estos gráficos representan a células animales y vegetales, incluyendo algunas figuras que consideramos sean algunos organelos.	24	82.7%
Además, los estudiantes trataron de representar la célula tridimensionalmente.	5	17.3
7. "... Hace mucho tiempo un hombre llamado Zacharias, quien era fabricante de lentes, descubrió que colocando dos lentes a cierta distancia y mirando a través de ellos se podían apreciar las cosas de un tamaño muchísimo mayor al real; esto hizo que muchos de ellos se interesaran en el nuevo invento al cual llamaron microscopio..." ¿Cómo puedes observar una célula? ¿Por qué?	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: viendo por medio del microscopio porque las células son muy pequeñas, el microscopio sirve como observador, da más vista.		
b. Respuestas de los estudiantes: hace ver las cosas más grandes, un gran acercamiento y detalle a lo que uno quiere ver, permite ver las cosas con mayor tamaño.		
c. Respuestas de los estudiantes: el microscopio tiene lentes que acercan, agrandan y aumentan la vista así es más fácil ver una célula, de mayor tamaño		
Microscopio	28	96,6%
d. Respuestas de los estudiantes: por un binocular.		
Binoculares	1	3,%
8. Si comparas a un ser vivo con un rompecabezas, cuáles serían las fichas más pequeñas que conforman el rompecabezas, capaces de realizar funciones como la nutrición, respiración, excreción, etc. ¿Por qué?	No Est.	Porc.
a. Respuestas de los estudiantes: porque es lo más pequeño que hay en nuestro cuerpo y son especializadas para cumplir esas funciones, porque hay muchas y siempre nacen, porque son una estructura base en el cuerpo; en las células se encuentra el núcleo que es el que controla todas las funciones vitales.		
Célula	23	79,3%

a. Respuestas de los estudiantes: sistema respiratorio y digestivo		
b. Respuestas de los estudiantes: páncreas.		
Órganos sistemas	2	6.9%
No responde	2	6.9%
d. Respuestas de los estudiantes: célula y corazón, célula porque es un microbio, así son las figuras, un rompecabezas no puede respirar ni reproducirse.		
Otras	2	6.9%

8.5 ANEXO 5: CONTENIDO TEXTO ESCOLAR GUÍA PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO CÉLULA

CASA DE LAS CIENCIAS NATURALES 4, EDITORIAL SANTILLANA. 2010.

UNIDAD 1. LOS SERES VIVOS • Entorno vivo

La célula

¿Qué sabes del tema?

- ¿Qué tienen en común los seres de la imagen?
- ¿Son iguales las células de las plantas y las de los animales? ¿Por qué?

Debes aprender...

Generalidades
 Recuerda que los organismos se encuentran formados por miles de unidades denominadas células. La célula es considerada la unidad estructural y funcional de todos los seres vivos.

Se dice que es **estructural**, porque es la que constituye a un ser vivo. Los seres vivos, aun los más grandes como los árboles o las ballenas, están compuestos de células; por el contrario, los seres vivos microscópicos más pequeños, están compuestos por una sola célula.

Y se dice que es **funcional**, porque cumple funciones vitales como alimentarse, transportar los nutrientes en su interior, intercambiar gases con el medio, eliminar las sustancias que necesita, reproducirse y responder a los estímulos del exterior.

Clasificación de las células
 Las células presentan algunas diferencias en su estructura, que permiten su agrupación y clasificación. La presencia o ausencia de membrana alrededor de su núcleo, permite clasificarlas como células **procariontas** o células **eucariontas**.

Las células procariontas
 Son células pequeñas que presentan una estructura celular sencilla. Poseen membrana celular y citoplasma, pero carecen de una membrana que rodee al núcleo. En ellas, el material hereditario, es decir, la información que pasa de una generación a otra, se encuentra disperso en el citoplasma. Las bacterias poseen esta clase de células.

Los organismos procariontas son los seres más pequeños que existen. En una cucharadita de tierra pueden vivir millones de bacterias, y en el interior de tu cuerpo puedes tener muchas más bacterias, casi tantas como células de tu cuerpo.

ACCIÓN DE PENSAMIENTO: Explica la importancia de la célula como una unidad de los seres vivos.

Los seres humanos poseen millones de células en todo su cuerpo.

Célula procarionta

10



Las funciones vitales permiten la supervivencia de los seres vivos.



Los hongos son organismos descomponedores que se alimentan de restos de plantas o animales.

Funciones vitales de los seres vivos

Las funciones vitales son aquellos procesos que les permiten a los seres vivos obtener energía, crecer, reproducirse y relacionarse con el medio que les rodea. Estas funciones son: la **función de nutrición**, la **función de reproducción** y la **función de relación**. Todos los seres vivos, sin importar su complejidad, cumplen estas funciones básicas, que permiten el mantenimiento de la vida.

Función de nutrición

Los seres vivos necesitan energía para mantenerse y realizar todas sus actividades. Esta energía la obtienen de los alimentos por medio de la función de la nutrición.

Mediante la nutrición, los seres vivos toman los nutrientes de los alimentos, los transforman en energía y luego los utilizan por todo el organismo.

Según la forma en que los seres vivos obtienen los nutrientes, existen dos tipos de nutrición: la autótrofa y la heterótrofa.

- La **nutrición autótrofa** la realizan los seres vivos capaces de elaborar su propio alimento, como las plantas, las algas y algunas bacterias. Los organismos autótrofos tienen la capacidad de utilizar la energía proveniente de la luz solar y ciertas sustancias como el metano, para producir nutrientes que les sirven de alimento.
- La **nutrición heterótrofa** la realizan los seres vivos que no pueden elaborar su propio alimento; por lo tanto, deben obtener los nutrientes de los alimentos que encuentran en el medio. Los seres humanos, los animales y los hongos practican este tipo de nutrición.

Función de reproducción

La función de reproducción permite a los seres vivos asegurar el mantenimiento de la vida en el planeta a través de sus descendientes.

Existen dos formas de reproducción: asexual y sexual.

- En la **reproducción asexual**, a partir de un solo organismo se origina otro organismo idéntico al progenitor. Este tipo de reproducción es propia de los seres unicelulares, como las bacterias y las levaduras; de algunos seres multicelulares, como la estrella de mar, y de algunas células del ser humano.

ACCIÓN DE PENSAMIENTO: Explica las funciones de los seres vivos a partir de las relaciones entre diferentes sistemas de órganos.

Función de nutrición

Gracias a la función de nutrición, todos los seres vivos obtienen de los alimentos la energía que necesitan para vivir y para realizar las actividades propias de cada ser.

La función de nutrición incluye las siguientes etapas: la **digestión**, la **respiración**, la **circulación** y la **excreción**.

Las células se nutren

Las células, tanto en los seres unicelulares como en los seres multicelulares, obtienen del medio que las rodea el alimento que necesitan para vivir.

En todas las células, la membrana celular es la encargada de controlar la entrada de las partículas alimenticias. Según su tamaño, estas penetran la célula de forma diferente. Si las partículas son **pequeñas**, penetran la célula mediante los procesos de **difusión** y **ósmosis**.

- La **difusión** consiste en el movimiento de partículas, de una zona de mayor concentración a otra de menor concentración.
- La **ósmosis** consiste en el movimiento de agua a través de la membrana celular.

Si las partículas alimenticias son grandes, penetran la célula a través de un proceso llamado **endocitosis**. La endocitosis puede ser de dos tipos: **fagocitosis** y **pinocitosis**.

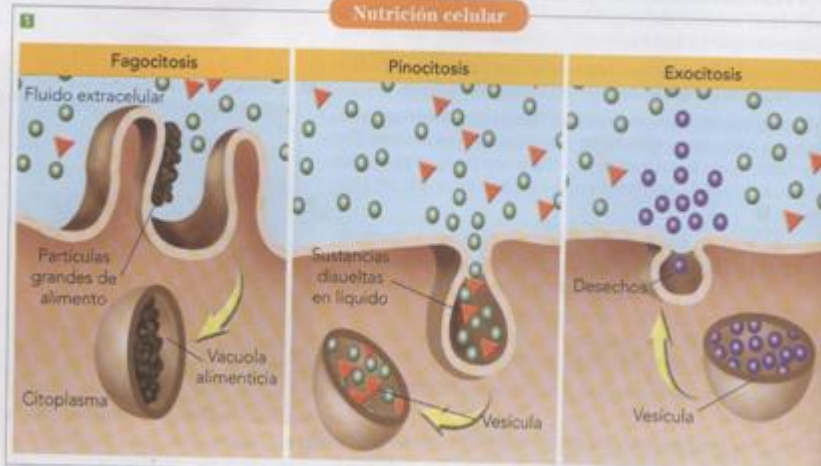
- La **fagocitosis** se presenta cuando las sustancias que se ingieren son muy grandes. Por ejemplo, las amebas utilizan este proceso para la ingestión del alimento.
- La **pinocitosis** se produce cuando las sustancias ingeridas son más pequeñas y se encuentran disueltas en un medio líquido.

Una vez las partículas se encuentran en el interior de la célula, los **lisosomas** se encargan de digerirlas para que las vacuolas distribuyan los nutrientes por todo el citoplasma. Posteriormente, los desechos son eliminados a través de la membrana mediante un proceso conocido como **exocitosis**.

Recupera información

- * ¿Cuáles son los procesos a través de los cuales las partículas pequeñas entran a la célula?
- * ¿Cuál es la diferencia entre fagocitosis y pinocitosis?

Nutrición celular



UNIDAD 1. LOS SERES VIVOS • Entorno vivo

La célula

¿Qué sabes del tema?

- Si observas las paredes de una casa o de un edificio, te darás cuenta que están conformadas por muchos ladrillos. ¿Cómo crees que está conformado nuestro cuerpo?
- ¿Qué tienen en común las bacterias, los hongos, las plantas y el ser humano?



Debes aprender...

Generalidades de la célula

Así como las casas y los edificios están constituidos por miles de ladrillos, los seres vivos están constituidos por miles de unidades llamadas **células**. La célula es la unidad estructural y funcional de todos los seres vivos:

- es la **unidad estructural**, porque da forma y consistencia a los seres vivos.
- es la **unidad funcional**, porque cada una de las células está en capacidad de realizar todas las funciones necesarias que cumple un ser vivo, es decir, se alimenta, respira, transporta nutrientes en su interior, elimina desechos y se reproduce.

Tamaño y forma de las células

El **tamaño** de las células es variado. Por ejemplo, en nuestro cuerpo hay células muy grandes, como las neuronas de la médula espinal, y otras muy pequeñas, como las células de la piel.

La **forma** de las células también es variable, pues depende de la función que realicen. Por ejemplo, las células de los músculos de las piernas son alargadas ya que su función es cubrir, proteger y permitir el movimiento de los huesos de la pierna, mientras que las células epiteliales son aplanadas, porque su función es proteger la superficie de los órganos.



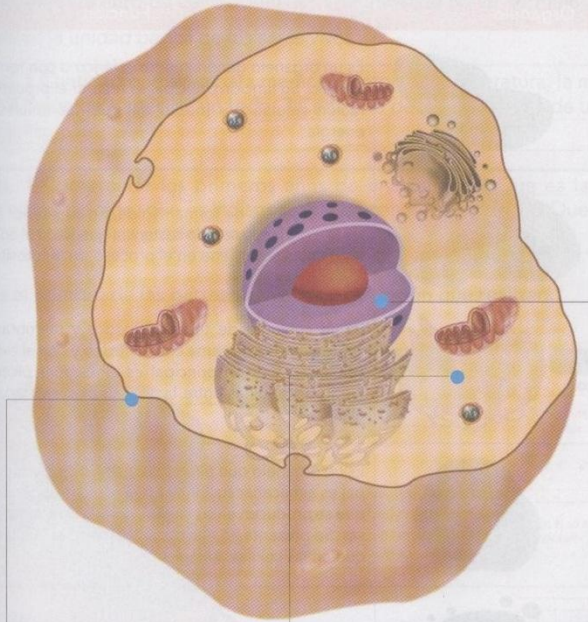
ACCIÓN DE DESARROLLO: Explica la importancia de la célula como unidad básica de los seres vivos.

■ **Diferentes formas y tamaños de las células en el ser humano.**

10

Partes de la célula

La célula está formada por tres componentes esenciales que son: la membrana celular, el citoplasma y el núcleo.



Membrana celular

Es una estructura que rodea a cada célula. Esta membrana separa a la célula del medio externo y es la puerta de entrada y salida de las sustancias que necesita la célula para su funcionamiento. También actúa como barrera, ya que impide el paso de otras sustancias.

Citoplasma

Es la parte de la célula comprendida entre la membrana celular y el núcleo. El citoplasma ocupa la mayor parte de la célula y en él se encuentran unas estructuras llamadas **organelos**. Estos, al igual que los diferentes órganos del cuerpo, tienen una forma propia y cumplen con una función determinada.

Los organelos más importantes son: las mitocondrias, los ribosomas, el retículo endoplasmático, el aparato de Golgi, los lisosomas, las vacuolas y los cloroplastos.

Núcleo

Es un cuerpo esférico que se encuentra, casi siempre, en el centro de la célula. Está rodeado por una doble membrana llamada **membrana nuclear**, la cual permite, a través de sus poros, el paso de sustancias entre el núcleo y el citoplasma.

El núcleo es el centro de control de la célula, pues coordina todas las actividades que esta realiza. Además, guarda la información de las características que pasarán de padres a hijos.

© SANTILLANA

Organelos celulares

Cada organelo tiene su propia forma y función. A continuación, encuentras la descripción de cada uno de ellos.

Organelo	Función
<p>Mitocondria</p> 	<p>Es un organelo generalmente esférico o con forma de bastoncillo. Su función principal es realizar el proceso de respiración celular, por medio del cual las células obtienen energía.</p>
<p>Cloroplasto</p> 	<p>Es un organelo de forma ovoide. En su interior se encuentra la clorofila, que es la sustancia que le da el color verde a las plantas; interviene en el proceso de la fotosíntesis.</p>
<p>Reticulo endoplasmático</p> 	<p>Es un conjunto de tubos delgados y membranosos que comunica el citoplasma con el núcleo y con el exterior de la célula. Su función principal es almacenar proteínas para luego distribuir las entre la célula o transportarlas fuera de ella.</p>
<p>Vacuola</p> 	<p>Es un organelo que tiene forma de bolsa. Su función principal es almacenar sustancias que toma la célula del medio o que se producen en su interior, como agua, almidones y grasas. Se presenta en mayor cantidad en las células vegetales que en las células animales.</p>
<p>Aparato de Golgi</p> 	<p>Es una red de bolsas aplanadas, tubos y canales conectados entre sí. Su función principal es almacenar y expulsar sustancias fabricadas por la célula.</p>
<p>Ribosoma</p> 	<p>Es un organelo de forma esférica que puede estar suspendido en el citoplasma o adherido al retículo endoplasmático. Su función principal es producir las proteínas que necesita la célula.</p>
<p>Lisosoma</p> 	<p>Es un organelo que tiene forma de bolsa membrandosa. Su función principal es intervenir en la digestión celular.</p>

ACTIVIDADES

¡Cuánto has aprendido?

Recupera información

1. Subraya, en cada entrada del diccionario, el significado de los términos destacados.

La célula es la unidad básica de los seres vivos.

unidad, 1 Cantidad que sirve para medir el tiempo, la temperatura, la masa y el peso. 2 Unión de partes de un todo. 3 Cada uno de los elementos de una serie o conjunto.

básica. 1 Comprende los primeros años de enseñanza. 2 Que es la base o fundamento de algo, que es indispensable o esencial para algo. 3 Que tiene la base como sustancia predominante.

2. Escribe el nombre de las partes señaladas y la función que realizan.



• ACTIVIDADES •

4. Busca en la sopa de letras los nombres de algunos de los organelos de la célula y completa las oraciones.



- La función de la mitocondria es realizar el proceso de respiración celular.
- Los cloroplastos poseen en su interior la clorofila.
- La función principal de los ribosomas es producir proteínas.
- Los lisosomas intervienen en la digestión celular.
- La función de las vacuolas es almacenar sustancias.

✦ Interpreta

5. Señala con un ✓ la respuesta correcta.

- Las células son semejantes a los ladrillos de una vivienda porque:
 - su forma es cuadrada como los ladrillos.
 - dan forma a los seres vivos.
 - son duras y resistentes como los ladrillos.
 - dan forma a los edificios.
- La célula es la unidad funcional de los seres vivos porque:
 - es única como un ser vivo.
 - controla las funciones de un ser vivo.
 - cumple todas las funciones de un ser vivo.
 - respira como un ser vivo.

6. Relaciona las columnas con colores diferentes. Puedes utilizar un conector dos veces.



Reflexiona y valora

7. Lee nuevamente la información de la página 11 y marca con X la opción correcta.

- Primera parte → El núcleo es el centro de control de la célula.
- Segunda parte → pues coordina todas las actividades que esta realiza.

La segunda parte:

- Contradice la información de la primera parte.
- Amplia la información de la primera parte.
- Repite la información de la primera parte.
- No tiene ninguna relación con la primera parte.

8. Lee de nuevo la información de la página 12 y responde: ¿Crees que hay organelos más importantes que otros? ¿Por qué?

Creo lo importante de sus estudiantes para que comprendan que todos los organelos son importantes, pues realizan un trabajo en equipo y el buen desempeño de todos, depende el buen funcionamiento de la célula.

Competencias

CIUDADANAS



• Convivencia y paz •



- a. Si tú fueras Pipe, ¿qué le contestarías a Alejandra?
- b. Elige dos seres vivos que, según tu opinión, no pueden defenderse de algunas acciones negativas del ser humano. Luego, escribe tres acciones que promuevan el respeto y la conservación de estos seres vivos.

Cada cambio Mando Pipe
816 76 22042

Seres unicelulares y seres multicelulares

De acuerdo con el número de células que los forman, seres vivos pueden ser unicelulares o multicelulares.

- Los **seres unicelulares** son aquellos que están formados por una sola célula. Por ejemplo, las bacterias y los protozoarios son seres unicelulares **1**.

En esta clase de seres, una sola célula realiza todas las funciones necesarias que cumple un ser vivo, es decir, con una única célula estos seres están capacitados para alimentarse, respirar, eliminar los desechos y reproducirse.

- Los **seres multicelulares** son aquellos que están formados por muchas células. Por ejemplo, muchas algas, muchos hongos, las plantas y los animales son seres multicelulares **2**. En los seres multicelulares, las células se dividen el trabajo para realizar mejor cada función; por tal razón, presentan una organización interna más compleja que los seres unicelulares **3** **4**.



1 El paramecio es un protozoario.



2 Las algas son seres multicelulares.

Tipos de células en los seres multicelulares

3

Células de la piel
Protegen el cuerpo.

Glóbulos blancos
Se encargan de destruir los microbios que ingresan al cuerpo.

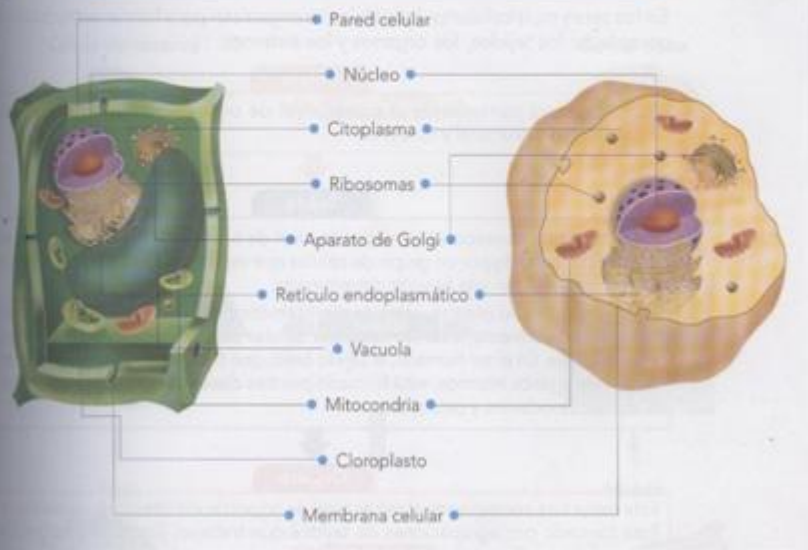
Células sexuales
Permiten la reproducción.

Células musculares
Tienen la propiedad de contraerse, y así permiten que el cuerpo se mueva.

Células óseas
Forman los huesos.



Comparación entre una célula vegetal y una célula animal



Célula vegetal

Célula animal

Diferencias

- Tiene pared celular, debido a esto es más rígida.
- Posee cloroplastos.
- Sus vacuolas son más grandes y se encuentran en mayor cantidad.

Semejanzas

- Tienen membrana celular, citoplasma y núcleo.
- Tienen ribosomas, mitocondrias, aparato de Golgi, retículo endoplasmático y vacuolas.

Diferencias

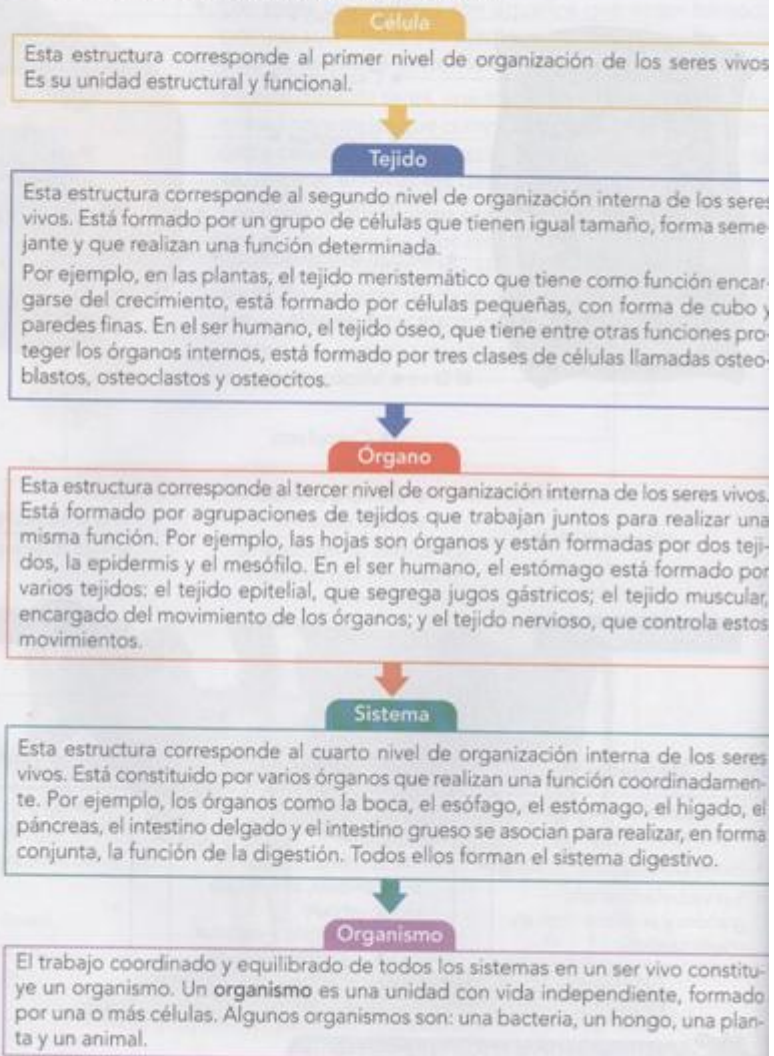
- Carece de pared celular, por ello es más flexible.
- No tiene cloroplastos.



Realiza el laboratorio de la página 30.

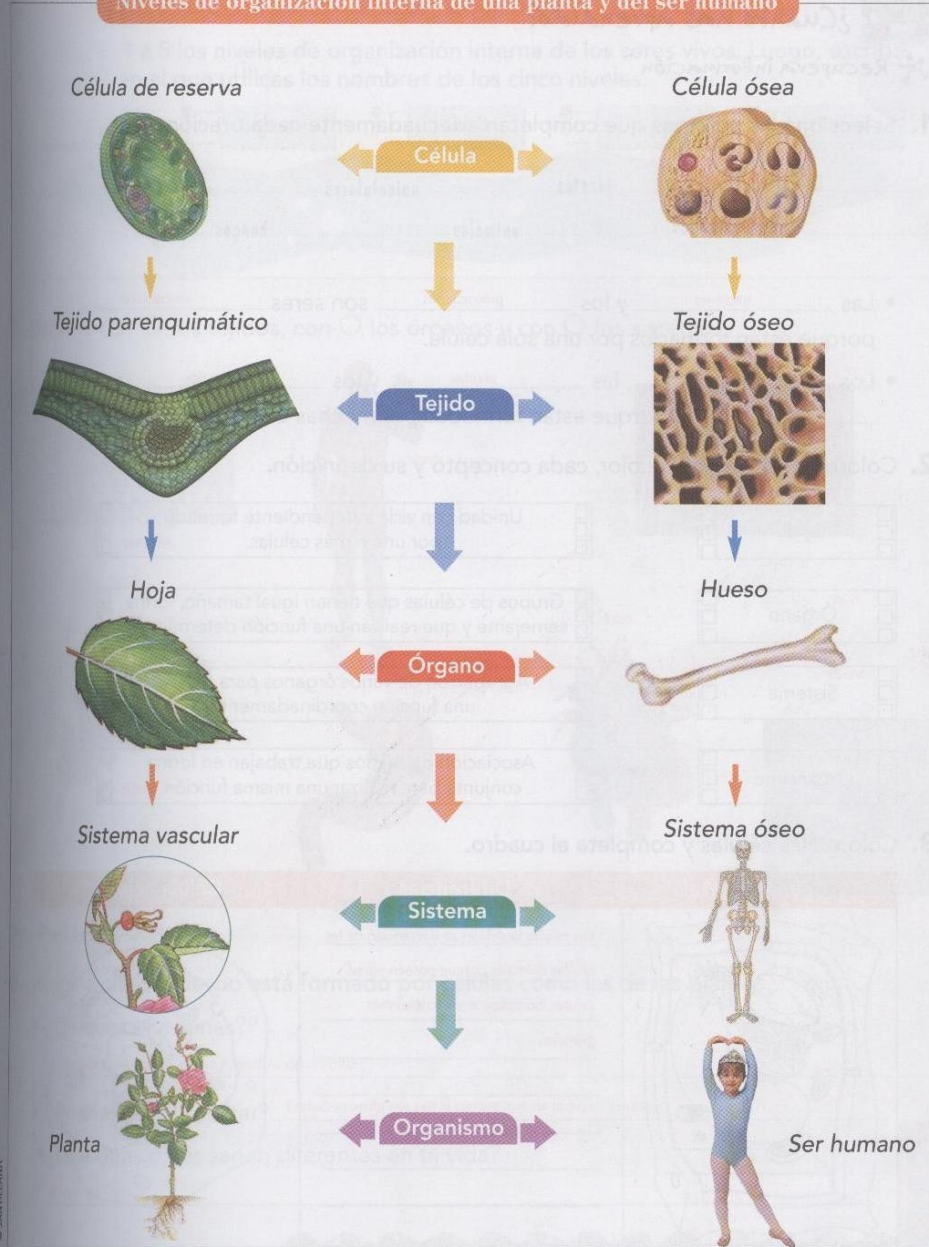
Niveles de organización interna en los seres multicelulares

En los seres multicelulares, las células se organizan para formar estructuras más complejas: los tejidos, los órganos y los sistemas.



2 ACCIÓN DE PENSAMIENTO: Identifico los niveles de organización celular de los seres vivos.

Niveles de organización interna de una planta y del ser humano



© SANTILLANA

• ACTIVIDADES •



¿Cuánto has aprendido?

✂ Recupera información

1. Selecciona las palabras que completan adecuadamente cada oración.

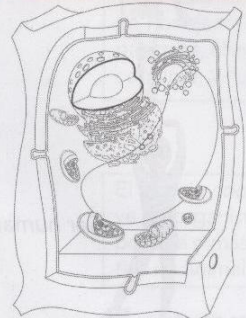
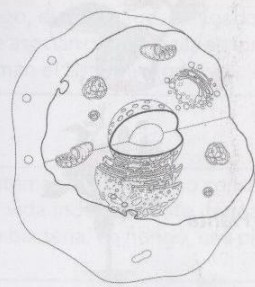


- Las bacterias y los protozoarios son seres unicelulares porque están formados por una sola célula.
- Los hongos, las plantas y los animales son seres multicelulares porque están formados por muchas células.

2. Colorea, con el mismo color, cada concepto y su definición.

<input type="checkbox"/> Azul Tejido	<input type="checkbox"/> Unidad con vida independiente formado por una o más células. Morado
<input type="checkbox"/> Rojo Organo	<input type="checkbox"/> Grupos de células que tienen igual tamaño, forma semejante y que realizan una función determinada. Azul
<input type="checkbox"/> Verde Sistema	<input type="checkbox"/> Agrupación de varios órganos para realizar una función coordinadamente. Verde
<input type="checkbox"/> Morado Organismo	<input type="checkbox"/> Asociación de tejidos que trabajan en forma conjunta para realizar una misma función. Rojo

3. Colorea las células y completa el cuadro.

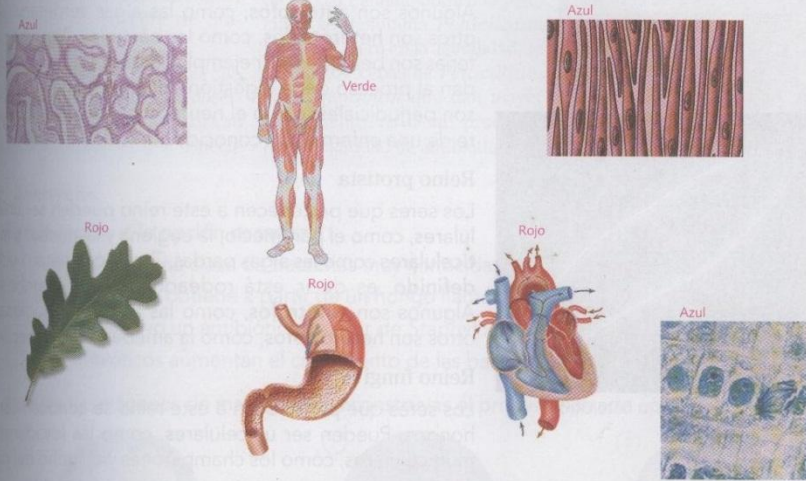
Célula vegetal	Diferencias	Célula animal
	<p>Las células vegetales se diferencian de las células animales porque poseen pared celular, cloroplastos y vacuolas más grandes.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

Interpreta

4. Ordena de 1 a 5 los niveles de organización interna de los seres vivos. Luego, escribe un párrafo en el que utilices los nombres de los cinco niveles.

2 Tejido 5 Organismo 1 Célula 3 Órgano 4 Sistema

5. Encierra con los tejidos, con los órganos y con los sistemas.

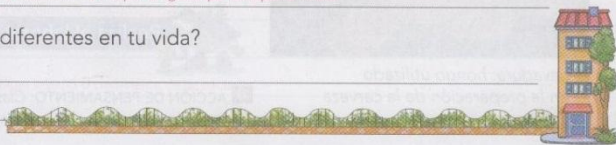


Plantea y actúa

6. Imagina que tu cuerpo está formado por células como las de las plantas.

- ¿De qué color serías? *Probablemente verdes, por la presencia de clorofila.*
- ¿Podrías correr y saltar? *Probablemente no, por la rigidez que da la pared celular.*
- ¿Qué otras cosas serían diferentes en tu vida?

Respuesta libre.



Laboratorio

Ámbito: Me aproximo al conocimiento como científico(a) natural

Exploro y aprendo

Diferencia una célula vegetal de una célula animal

MATERIALES

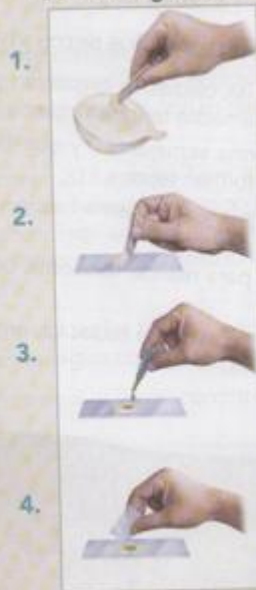
- Cebolla cabezona.
- Portaobjetos.
- Cubreobjetos.
- Gotero.
- Azul de metileno.
- Microscopio.
- Hisopo o copo de algodón.

PROCEDIMIENTO

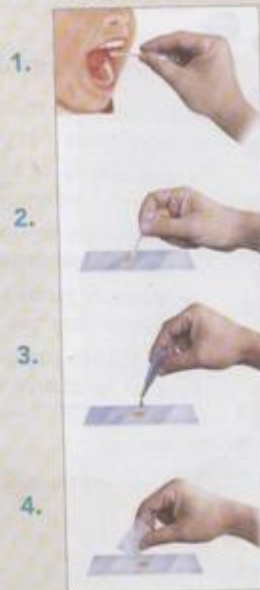
Realiza el mismo procedimiento para observar las células vegetales y las animales, como lo muestran las imágenes.

1. Toma una muestra de las células.
2. Extiende la muestra sobre el portaobjetos.
3. Adiciona una gota de azul de metileno.
4. Pon el cubreobjetos sobre la muestra y observa a través del microscopio.

Células vegetales



Células animales



ACCIÓN DE PENSAMIENTO: Diseño y realizo experimentos para dar respuesta a preguntas.

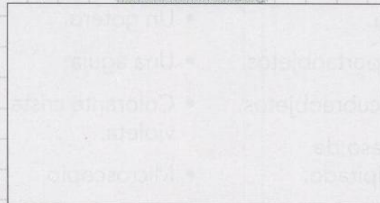


Comunico mis resultados

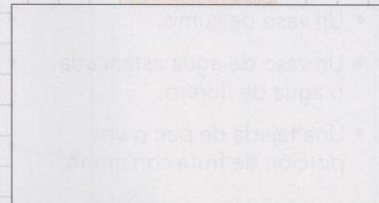
1. Registra tus datos

- Dibuja las células que observaste a través del microscopio.

Célula vegetal



Célula animal



- Completa la siguiente tabla de acuerdo con lo observado en la práctica de laboratorio.

Células	Forma	Estructuras que observaste
Vegetal	Acepte respuestas basadas en las observaciones de los estudiantes.	
Animal		

2. Interpreta tus datos

De acuerdo con la información presentada en la tabla, responde:

- ¿Qué forma tienen las células vegetales? Rectangular, alargada.
- ¿Qué forma tienen las células animales? Irregular.
- ¿Qué estructuras lograste identificar en las células observadas?

Acepte respuestas basadas en las observaciones de los estudiantes.

3. Formula tus conclusiones

- ¿En qué se diferencian las células animales de las células vegetales?
Las células animales no tienen cloroplastos, ni pared vegetal, sus vacuolas son más pequeñas.
- ¿Por qué es necesario teñir las células para observarlas a través del microscopio?
Para observar mejor sus estructuras.

» ACCIÓN DE PENSAMIENTO: Comunica oralmente y por escrito, el proceso de indagación y los resultados que obtengo.

9. REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS

ALBARRACIN. T. A. (1983). La teoría celular. Alianza editorial S.A. Madrid.

ARMÚA. M. En: MORALES, P. (2009). La enseñanza para la comprensión y los conceptos estructurantes: una estrategia para el desarrollo de los niveles de comprensión de los estudiantes. *Biografía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza* Vol2 No1 ISSN 2027-1034 1.

ARMÚA, M. (2006). Aplicación de meta conceptos en la enseñanza de las ciencias naturales. *Memorias tercer Encuentro de Investigadores en Didáctica de la Biología*.

ASTOLFI. J. (1994). *Los obstáculos para el aprendizaje de conceptos en ciencias: la forma de franquearlos didácticamente*. En MERINO, G. enseñar ciencias naturales en el tercer ciclo de la E.G.B. Madrid/Buenos Aires: Editorial Aique.

ASTOLFI. J. (1999). El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. En: *Educación y Pedagogía*. Vol. XI. No 25.

AVERS. C. (1991). Biología celular. Grupo editorial Iberoamericana. México.

BACHELARD. G. (2000). La formación del espíritu científico. México. Siglo veintiuno editores. Vigésima tercera edición.

BRIONES. G. (1998). Evaluación educacional. Módulo 4. Formación de docentes en investigación educativa. . Santafé de Bogotá: TM Editores.

CABALLER M. GIMÉNEZ. (1993). Las Ideas del Alumnado sobre el concepto Célula al finalizar la Educación Básica. *Revista Enseñanza de las ciencias*. Vol. 11.

CANGUILHEM, G. (1976). El conocimiento de la vida. Editorial Anagrama. Barcelona.

CANGUILHEM. G. (1968). L'object de l'histoire des sciences. *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris: Vrin. 9-23.

Clement, J. (1989). Learning via model construction and criticism. In J. A. Glover, R. R. Ronning & C. R. (. Reynolds (Eds.), *Handbook of creativity* (pp. 341-381). Nueva York: Plenum Press.

CURTIS, R.V.; REIGELUTH, C.M. 1984. The Use of Analogies in Written Text. *Instructional Science*, 13, pp. 99-117.

DEL RE. G. (2000). Models and analogies in science. *HYLE*, 6, pp. 3-12.

DÍAZ (1999). "Problemas de aprendizaje en la interpretación de observaciones de estructuras biológicas con el microscopio". *Revista Enseñanza de las ciencias*. Vol. 20 (2. 2002).

FELIPE, A. (2005). Aportes para la utilización de analogías en la enseñanza de las ciencias. Ejemplos en biología del desarrollo. *Revista Iberoamericana de Educación* (ISSN: 1681-5653). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Argentina.

FLORES, F., TOVAR, M., GALLEGOS, L., VELÁSQUEZ, M. E., VALDÉS, S., SAITZ, S., ALVARDO, C. Y VILLAR, M. (2000). *Representación e Ideas Previas acerca de la Célula en los Estudiantes del Bachillerato*. México: UNAM.

GIERE. R. (1999). Using models to represent reality. In Magnani, N. Nersessian y P. Thagard (eds.), (Ed.), *Model-based reasoning in scientific discovery* (Plenum Publishers ed., pp. 41-57). Nueva York:

GILBERT. J. K. (1993). *Models and modelling in science education*. Hatfield: Association for Science Education.

GIORDAN. A. Et al. (1988). *Conceptos de biología*. Barcelona: Labor.

GAGLIARDI. R. GIORDAN, A. (1986). La historia de las ciencias una herramienta para la enseñanza. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*. 4 (3).

GAGLIARDI. R. (1988). *Cómo utilizar la Historia de las Ciencias en la Enseñanza de las Ciencias*. Universidad de Ginebra.

GLYNN. S. M. (1991): "Explaining Science Concepts: A Teaching-With-Analogies Model", en GLYNN, S. M.; YEANY, R. H., y BRITTON, B. K. (eds.): *The psychology of learning science*, Hillsdale, New Jersey, Erlbaum, pp. 219-240.

GUERRERO. A. (2001). La célula aprendida. Málaga: España, Instituto de Enseñanza Secundaria Superior. p. 1. Disponible en: <http://www.encuentros.uma.es/encuentros70/aprendida.htm>.

GUTIÉRREZ. R. (2007). Modelos y modelización: Dificultades de la conceptualización de la física y de la química. Notas de clase. Seminario Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas. U.A.B. Barcelona.

IZQUIERDO. M.; SANMARTI, N.; ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (1), 45 – 59.

HODSON. D. (1990). A critical look at practical work in School Science. *School Science Review*, Vol. 71(256), pp.33-40.

JACOBSON. F. La lógica de lo viviente. Editorial Salvat. 1988.

JUSTI. R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2) 173-184. KUHN, T. “La Estructura de las Revoluciones Científicas”. Editorial Fondo de Cultura Económica. Santa Fe de Bogotá. 1992.

LECOURT. D. (1973). Para una crítica de la epistemología. Argentina: Siglo XXI.

MAZZARELLO. P. (1999). A unifying concept: the history of cell theory. *Nature cell biology*. Vol.1. (5).

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. (1998). Serie Lineamientos Curriculares. Santa Fe de Bogotá.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. (2004). Estándares Básicos de Competencias en ciencias sociales y naturales. Bogotá.

MEJÍA. W. (1992). ¿Ojear u hojear? La selección evaluativa de un texto escolar Editorial Norma, Colombia. P.11.

MINSKY. M. (1968). Matter, mind and models. In M. (. Minsky (Ed.), (pp. 425-442). Cambridge, Ma: MIT Press.

NERSESSIAN. N. J. (1999). Model-based reasoning in conceptual change. In L. Magnani, N. J. Nersessian & P. (. Thagard (Eds.), *Model-based reasoning in scientific discovery* (pp. 5-22). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

MORALES. D. (2009). La enseñanza para la comprensión y los conceptos estructurantes: una estrategia para el desarrollo de los niveles de comprensión de los estudiantes. Biografía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza Vol2 No1 ISSN 2027-1034 1.

NOVAK. J. y GOWING, B. (1988). Aprender a aprender. Ediciones Martínez Roca. Barcelona

OSBORN. R y FREYBERG, P. (1995). El aprendizaje de las ciencias. Narcea Ediciones. Madrid.

PUJOL. R. (1994). Los trabajos prácticos en la educación infantil y educación primaria. Alambique (versión electrónica). Alambique 2.

RODRÍGUEZ P. y MOREIRA. L. (1997). Revisión Bibliográfica relativa a la enseñanza/aprendizaje de la estructura y del funcionamiento celular. Investigacoes em Ensino de ciencias, 2 (2). (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>)

RODRÍGUEZ P. y MOREIRA. L. (1999). Modelos mentales de la estructura y del funcionamiento de la célula. Investigacoes em Ensino de ciencias, 4 (2). (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>)

RODRÍGUEZ P. y MOREIRA. L. (2000). La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria. Investigações em Ensino de Ciências – V6 (3).

RIVERA, D y ZUNIGA, J. El concepto en ciencias: una mirada desde la historia y la epistemología. Universidad del Cauca. Popayán 2002.

ROJANO, T. (1994). La matemática escolar como lenguaje de nuevas perspectivas de investigación y enseñanza. Enseñanza de las ciencias, 12(1), 45-56.

SANTOS. E. y HERNÁNDEZ. J. (1989). Ciencias pedagógicas, Año X, No.19. Ministerio de Educación de la República de Cuba

Santos. P. et al. (1989). Perfeccionamiento de la enseñanza de los conocimientos citológicos en la escuela primaria cubana. Tesis en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Pedagógicas.

Serie Educación en ciencias experimentales. (2000). Universidad del valle. Instituto de educación y pedagogía. Cali

SINGER, Ch. A History of biology. Oxford. 2ª ed. 1950.

SOLOMON, E. et ali. (1996). Biología de Ville. 3ra. Edición. Editorial Interamericana. México D.F.

TOULMIN. S. (1977). La comprensión humana. El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Madrid: Alianza

ZAMBRANO. A. (2000). La relación entre el conocimiento del maestro y el conocimiento del estudiante. Universidad del Valle. Instituto de Educación y pedagogía. Cali

ZAMBRANO. A. (2003). Cuestiones históricas y epistemológicas en torno a la enseñanza de las ciencias. En: formación del pensamiento científico. Colombia: Cátedra ICFES Agustín Nieto Caballero.

ZULUAGA. C. (2009). Historia y epistemología de la química en la selección y secuenciación de contenidos: la construcción del concepto de átomo. Universidad del Valle.

ZUÑIGA. J. (2007). Las explicaciones de los estudiantes sobre la estructura de los materiales a partir de modelos. Programa de Doctorat en Didàctica de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona. (Tesina)