

**INTERPRETACIÓN DE LOS MODELOS MENTALES SOBRE EL
CONCEPTO “CELULA” EN ESTUDIANTES DEL GRADO DÉCIMO -
COLEGIO INEM**

**LUPE XIMENA GUERRERO CARVAJAL
LILIANA MUÑOZ BERMEO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
LIC. EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES
Y EDUCACION AMBIENTAL
POPAYÁN
2006**

**INTERPRETACIÓN DE LOS MODELOS MENTALES SOBRE EL
CONCEPTO “CELULA” EN ESTUDIANTES DEL GRADO DÉCIMO -
COLEGIO INEM**

**LUPE XIMENA GUERRERO CARVAJAL
LILIANA MUÑOZ BERMEO**

Directora: Lic. VERONICA ANDREA CATEBIEL

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
LIC. EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES
Y EDUCACION AMBIENTAL
POPAYÁN
2006**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Directora: _____

Lic. Verónica Andrea Catebiel

Fecha de sustentación Popayán, 30 de Enero 2006

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por la vida y por brindarnos la gran oportunidad de ver cumplida una de nuestras metas.

A nuestros padres, esposos e hijos queremos expresar nuestra gratitud por brindarnos su ayuda y apoyo incondicional, ya que sin ellos habría sido imposible obtener este logro.

A la Profesora Verónica Andrea Catebiel por su paciencia, colaboración y su estimable contribución en la elaboración de este proyecto.

Deseamos también dar gracias a nuestros compañeros y demás profesores quienes compartieron sus saberes y vivencias enriqueciendo nuestra vida personal y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCION	
RESUMEN	10
1. TEMA	12
2. JUSTIFICACION	13
3. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	14
4. PROBLEMA	15
5. OBJETIVOS	16
6. ANTECEDENTES	17
7. MARCO TEÓRICO	34
7.1 MARCO CONCEPTUAL	34
7.1.1 Descubrimiento de las Células	34
7.1.2 Teoría Celular	42
7.1.3 Concepto Científico de Célula	43
7.1.4 Modelos Mentales	46
7.1.5 Funcionalidad de los Modelos Mentales	53
7.1.6 Contenido de los Modelos Mentales	54
8. MARCO CONTEXTUAL	60
8.1 Caracterización del Contexto	60
9. DISEÑO METODOLOGICO	64
9.1 Contexto	64
9.2 Los Casos	65
9.3 Fuentes de Datos e instrumentos de valoración	65
9.4 Fases	67
10. ANÁLISIS DE RESULTADOS	82
BIBLIOGRAFIA	113
ANEXOS	114

LISTA DE CUADROS

	Pag.
Tabla N° 1	85
Tabla N° 2	89
Tabla N° 3	91
Tabla N° 4	94
Tabla N° 5	97
Tabla N° 6	100
Tabla N° 7	103
Tabla N° 8	105
Tabla N° 9	108

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pag.</u>
FOTO 1 COLEGIO INEM	62
FOTO 2 Estudiantes 10º INEM	63
FOTO 3 ESTUDIANTES DESARROLLANDO CUESTIONARIOS	66
GRAFICO 1	85
GRAFICO 2	89
GRAFICO 3	92
PRODUCCION GRADICA DE CELULA 1	92
PRODUCCION GRADICA DE CELULA 2	93
PRODUCCION GRADICA DE CELULA 3	94
GRAFICA 4	95
GRAFICA 5	97
GRAFICA 6	100
PRODUCCION GRADICA DE CELULA 4	101
PRODUCCION GRADICA DE CELULA 5	102
GRAFICA 7	107
GRAFICA 8	106
PRODUCCION GRADICA DE CELULA 6	106
PRODUCCION GRADICA DE CELULA 7	107
PRODUCCION GRADICA DE CELULA 8	107
GRAFICA 9	109

ANEXOS

ANEXO 1 CUESTONARIO 1

ANEXO 2 CUESTIONARIO 2

ANEXO 3 CUESTIONARIO 3

INTRODUCCION

El estudio sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y específicamente, de la formación y evolución de conceptos científicos ha sido abordado desde diferentes ópticas. Nuestro caso es el de encontrar los aportes cognitivos en la enseñanza de las ciencias. Desde la transición de las concepciones alternativas al cambio conceptual pasando por el estudio de los modelos mentales y los aportes del constructivismo. De igual manera, nos referiremos permanentemente al desplazamiento de la atención de las propuestas centradas en la dimensión conceptual a aquellas otras orientadas a considerar múltiples dimensiones en la construcción del conocimiento científico.

Los modelos mentales muestran la gran diversidad de representaciones que los estudiantes tienen en torno a los procesos naturales y los conceptos que los describen y explican. Existe un campo muy amplio de investigación referente a las concepciones de los alumnos, el fracaso que se ha hecho tan evidente en el momento de relacionar las concepciones, con los conceptos científicos y lo complicado que resulta para el profesor manejar las ideas de los estudiantes que en muchos casos no son las más adecuadas para llegar al conocimiento científico, estas ideas el alumno las ha logrado desarrollar a lo largo de su experiencia con el medio social y cultural o a través de sus propias vivencias escolares.

Es por eso que hemos seleccionado el concepto célula debido a la dificultad que se observa en el aula escolar en el momento de relacionar este concepto con la estructura y funcionalidad que ella posee.

RESUMEN

Existe un campo muy amplio de investigación referente a los modelos mentales que poseen los estudiantes: el fracaso que se ha hecho tan evidente en el momento de relacionar los modelos mentales con los conceptos científicos y lo complicado que resulta para el profesor, considerar, las ideas de los alumnos que, en muchos casos, no son las más adecuadas para llegar al conocimiento científico. Estos modos de pensar se han construido a lo largo de su experiencia, de su interacción con el medio social y cultural a través de sus propias vivencias escolares.

A continuación se presentan como estudios de casos las producciones y construcciones de 31 estudiantes del colegio INEM del grado décimo (10-01) que están entre edades de 15 y 18 años, relativas a la estructura y al funcionamiento celular.

Estas producciones y construcciones son analizadas desde la perspectiva de La Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird¹ Una vez explicitada la justificación teórica y metodológica por la que se ha optado, se lleva a cabo la interpretación de los materiales recogidos, estableciendo deducciones e inferencias sobre los posibles modos de representación construidos por estos jóvenes para el contenido seleccionado y trabajado en el transcurso de la investigación.

Utilizando como marco teórico de referencia la Teoría de los Modelos Mentales, se analizan los dibujos elaborados por estos estudiantes como

¹ RODRÍGUEZ PALMERO, M. L. y Moreira, M. A. (1999). Modelos Mentales de la estructura y del funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências*. (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>).

representaciones externas, con objeto de establecer deducciones e inferencias sobre los posibles modelos mentales generados para hacer dichos dibujos, como representaciones internas. De este modo, se estudian esos modos de ver la célula que genera el alumnado.

De ello se deduce que efectivamente se generan esas representaciones icónicas, que son diversas, y que lo que ofrecen los materiales curriculares puede estar ejerciendo una influencia negativa en los modos de construir esas representaciones internas relativas a la célula.

1. TEMA

INTERPRETACIÓN DE LOS MODELOS MENTALES SOBRE EL
CONCEPTO “CELULA” EN ESTUDIANTES DEL GRADO DÉCIMO
COLEGIO INEM

2.JUSTIFICACION

El objeto del presente trabajo es interpretar los modelos mentales que poseen los estudiantes en relación con el concepto célula. Debido a la complejidad en la estructura y funcionalidad celular se generan dificultades no sólo en la construcción del concepto sino en la interpretación del funcionamiento celular y su desempeño como ser vivo.

Sobre modelos mentales del concepto célula se han encontrado numerosos trabajos de investigación, donde se busca la articulación entre los preconceptos del estudiante y el conocimiento que se construye en el aula. Además se deben resaltar las estrategias didácticas que debe utilizar el educador, que en este caso es él quien juega un papel trascendental en la transformación del conocimiento tanto propio como del estudiante, ya que la escuela de hoy exige un maestro diferente con una formación integral que sirva de medio para poder acercarse al conocimiento científico.

3. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El concepto célula es importante en la organización del conocimiento biológico. Es una entidad compleja y abstracta que construyen los estudiantes, generalmente a partir del discurso. Como entidad determina la estructura y el funcionamiento de todo el mundo vivo; condiciona, por tanto, su comprensión, su interpretación, la representación que del mismo se haga en esas mentes como intermediaria entre ese mundo vivo y el sujeto que pretende acercarse a él para entenderlo y aprehenderlo.

4. PROBLEMA

¿COMO SE INTERPRETAN LOS MODELOS MENTALES QUE CONSTRUYEN LOS ESTUDIANTES DEL GRADO DECIMO SOBRE EL CONCEPTO CÉLULA?

Con esta pregunta queremos indagar qué conocimientos tienen los estudiantes sobre el concepto célula y la dificultad que pueden presentar en la comprensión e interpretación de la estructura y el funcionamiento celular.

El concepto célula es de difícil manejo y entendimiento puesto que no se puede derivar de la evidencia cotidiana por su complejidad y estructuración, es por esto la importancia de indagar acerca de las concepciones que poseen los estudiantes para saber si se ha adquirido verdaderamente un aprendizaje al plasmar los modelos mentales que el estudiante guarda de lo aprendido.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Caracterizar los modelos mentales de célula construidos por los estudiantes del colegio INEM.

5.2 Específicos:

- Identificar los diferentes modos de pensar la célula en estudiantes de ciencias naturales.

- Analizar las diferentes representaciones de células elaboradas por los estudiantes.

6. ANTECEDENTES

Se han analizado diecinueve trabajos de investigación relativos a la conceptualización de contenido biológico y ocho revisiones bibliográficas centradas en dicho campo del conocimiento; de todos ellos, sólo cinco, tienen como objeto de estudio específico el concepto de “célula”, pero en todos ellos se muestran dificultades de aprendizaje causadas, precisamente por problemas con el mismo.

- Célula (teoría celular, observación y representación, procesos celulares, etc.); cinco trabajos.

Los trabajos centrados explícitamente en célula, en su mayoría, surgen en 1993 o los de genética en 1995, lo que coincide con la tendencia dominante en la investigación y en el estudio de La Biología en otros contextos como el universitario.

Tabla 1: Relación de investigaciones relacionadas con la estructura y el funcionamiento de la célula. (Ver tabla pagina No. 18)

AUTOR /AÑO	OBJETO	MUESTRA	INSTRUMENTO	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES RELEVANTES
Cubero Pérez, R. 1986	Constatación de la existencia de representaciones previas sobre el proceso digestivo así como su evolución.	55 estudiantes de 4º/5º de EGB.	Entrevista.	<p>No existe conocimiento del nivel celular; sólo el nivel orgánico.</p> <p>Cuando se conoce el nivel celular, se explica de manera incorrecta el paso de la comida a la célula.</p> <p>No se admiten cambios y transformaciones químicas en los alimentos, en todo caso, físicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Se han definido algunos modelos generales sobre la digestión.
García Barros, S. y col. 1989	Propuesta didáctica relativa a la Teoría Celular.	Alumnado de 2º y 3º de Magisterio para detectar sus concepciones.	<p>Dos cuestionarios.</p> <p>Diseño de una unidad didáctica</p>	<p>Se conoce la composición celular.</p> <p>Se asume que la célula realiza funciones (N, R, Rp).</p> <p>Se otorga a la respiración funciones vitales.</p> <p>Se yuxtaponen conocimientos memorísticos a concepciones mecanicistas de respiración.</p> <p>No siempre se asocia crecimiento del individuo a reproducción de células.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 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. · Siguiendo a Novak y a Gowin, se propone una estrategia que parte del estudio del ser humano.

<p>Caballer, M.J. y Giménez, I.1992</p>	<p>Detección de las ideas del alumnado sobre el concepto de pluricelularidad.</p>	<p>146 jóvenes de 8º de EGB.151 de 1º de BUP. 61 de Biol. De COU. 53 de Escuela de Formación del Profesorado.</p>	<p>Cuestionario de ensayo y cuestionario definitivo.</p>	<p>Se asume la constitución celular de los seres vivos pero con contradicciones. 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 relaciona con funciones fisiológicas. No se tiene clara la relación estructura/función. Representación mental como una imagen célula ladrillo. No se relaciona la distribución de O2 con la composición celular de los seres vivos. (ni con las necesidades de cada célula).- No se relaciona el crecimiento de las plantas con la estructura ni la proliferación celular. "El nivel de comprensión y aceptación de la célula como unidad funcional es muy bajo en todos los niveles estudiados". Se desconocen los procesos biológicos a nivel bioquímico.</p>	<p>El concepto de célula no se ha interiorizado de manera significativa. Son más fáciles de entender los procesos derivados de las necesidades de las células que los de su servicio al funcionamiento global del organismo. Comprender que los seres vivos están formados por células no es algo que re-sulte fácil puesto que no es un fenómeno observable directamente o cotidiano". Parece ser que una de las mayores dificultades a la hora de entender a los seres vivos como constituidos estructural y funcional-mente por unidades celulares es la de comprender de forma adecuada "las características que definen al ser vivo. Se tiende a</p>
-----------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

					<p>pensar que es algo que funciona de manera macroscópica, como una serie de máquinas acopladas y no se atribuyen necesidades de materia y energía a cada una de las células, como si éstas no necesitaran cubrir sus necesidades vitales.</p>
--	--	--	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Caballer, M.J. y Giménez, I.1993</p>	<p>Detección de algunos aspectos de las ideas sobre el concepto de célula</p>	<p>94 estudiantes de 8º de EGB de 6 centros distintos.</p>	<p>Cuestionario de ensayo y cuestionario definitivo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · No se tiene una representación mental clara de la célula. · La mitad del alumnado atribuye tridimensionalidad a la célula. · No se señala estructura celular interna; sólo se habla de núcleo. · No se identifican orgánulos o estructuras internas. · Se asignan a la célula funciones desde una perspectiva macroscópica. · Para muchos jóvenes, la respiración no es una función celular. Desconocimiento físico-químico de los procesos celulares. 	<ul style="list-style-type: none"> · Parece entenderse la célula como unidad de vida pero se aplica con contradicciones. “Podría ser que el obstáculo epistemológico residiera en la imposibilidad de representarse mentalmente una célula respirando o ingiriendo alimento porque lo asocian a los aparatos a nivel orgánico”. Se atribuyen a la célula funciones o conductas de organismos superiores. No se comprende por qué y para qué ocurren las funciones, aunque se consideran procesos característicos de la vida.
-----------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Díaz, J. Y Jiménez, M.P.1993</p>	<p>Destrezas de observación microscópica Grado de precisión y de fidelidad.</p>	<p>Estudiantes de Enseñanza Secundaria y de Magisterio.</p>	<p>Realización y análisis de dibujos. Uso de esquemas.</p>	<p>· Las ideas previas de los alumnos están bastante alejadas de la realidad – seres cuadriculados.· Se detecta una percepción pobre del contenido celular.</p>	<p>Subsiste un problema serio en la apreciación de las dimensiones.</p>
---------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------

<p>Mondelo Alonso, M. García Barros, S. y Martínez Losada, C. 1994</p>	<p>Detección y análisis de ideas relativas a la materia y su aplicación a conceptos y procesos biológicos.</p>	<p>118 jóvenes de 1º BUP. 125 de 2º BUP. 107 de 3º BUP.131 de COUC. 30 de Magisterio.</p>	<p>Encuesta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · La materia viva no está constituida por átomos para muchos estudiantes. · La célula como unidad más pequeña de la materia viva aparece en mayor proporción en animales que en vegetales. · Los vegetales son menos vivos que los animales. · Dificultades para comprender la presencia de los mismos elementos químicos en ambos tipos de materia. · Se presenta una visión microscópica diferenciada para la materia viva y la materia inerte. · Se admite menos la existencia de átomos en animales que en vegetales. 	<p>No se concibe la constitución atómica de la materia viva ; dificultades con el mundo microscópico.· Se ha detectado una relación insuficiente entre átomo y célula en los libros de texto.</p> <p>La comprensión de los procesos biológicos requiere conceptos químicos; de otro modo, no se produce el salto de la visión macroscópica – organismo- a la visión microscópica célula- en la que ocurren reacciones químicas. ·Es importante establecer relaciones entre la teoría celular y la teoría atómico-molecular de la materia.</p>
------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Bastida, M.F. ; Luffiego, M. Ramos, F. y Soto, J.1994</p>	<p>Aplicación de un modelo de eval. Conceptual para nut. Humana.</p>	<p>-</p>	<p>Diseño y secuenciación de actividades.</p>	<p>· El concepto de célula no se aplica o, si se hace, de forma parcial e incompleta.</p>	<p>Sólo cuando se comprenda y aplique el concepto de célula se podrá comprender la necesidad de digestión, absorción, respiración, · Se ha de reestructurar el concepto de cuerpo como sistema de integración y coordinación de millones de células.</p>
--------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	----------	-------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Banet, E. y Ayuso, E.1995</p>	<p>Análisis de algunas causas que dificultan el aprendizaje de la Genética: : contenidos y conocimiento del alumnado.</p>	<p>Dos grupos de estudiantes de 1º BUP. (52, 46). Un grupo de 3º BUP. (34).</p>	<p>Entrevistas individuales y cuestionario.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Muchos jóvenes opinan que los vegetales no tienen células. · La mayor parte considera que las plantas no tienen cromosomas. · Se advierte falta de relación significativa entre genes y cromosomas. · La mayoría considera que la información está en los gametos. · Se asigna diferente información a distintas células de un mismo organismo. · Lo que lleva la célula-huevo se reparte entre las distintas células del organismo. · No se relaciona la división celular con la transmisión de información genética. · Persisten las dificultades para reconocer que todas las células llevan información. 	<p>Antes de profundizar en el estudio de la herencia biológica y de sus mecanismos (de transmisión) se deben conocer las relaciones entre la información hereditaria y la estructura y las funciones celulares.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Para comprender la organización celular de los seres vivos, que no se tiene asimilada de manera significativa, es necesario abordar el estudio de la mitosis, básicamente en términos de significado e importancia biológica. El estudio de la meiosis se debería introducir en estos niveles de enseñanza, centrando la atención en su significado biológico, ya que es clave en la resolución de problemas de Genética.
----------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Díaz de Bustamante, J. y Jiménez Aleixandre, M.P.1996</p>	<p>Grado de precisión y fidelidad con que se plasma la observación de morfología celular y organización tisular.</p> <p>Idea de célula como objeto de tres dimensiones.</p>	<p>52 jóvenes de 1º BUP. 107 de 3º BUP. 40 de Magisterio (Ciencias).</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Prácticas habituales de laboratorio. · Dibujos realizados antes y después de las prácticas. 	<ul style="list-style-type: none"> · La idea del aspecto celular es muy alejada de la realidad. · En los dibujos previos a la práctica se muestra un escaso conocimiento del aspecto, de la forma y de las estructuras celulares. · En los dibujos posteriores a la práctica, desaparecen las representaciones en las que no es reconocible ninguna estructura. · La percepción del contenido celular es bastante pobre. 	<p>La falta de interés en el desarrollo de la tarea puede justificar representaciones pobres.</p> <p>El modelo o imagen mental que poseen los estudiantes considerados corresponde básicamente a una célula epitelial pavimentosa.</p> <p>En la idea del estudiante de lo que es una célula aparecen entremezcladas distintas escalas y técnicas, microscopio óptica y electrónica, siendo necesario clarificarles lo que es observable y de qué manera.</p>
--------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La tabla N° 2 refleja los artículos reseñados que se han centrado en revisiones bibliográficas relativas a los mismos contenidos; en ella se han expuesto el autor y año en el que se ha hecho la revisión, el objeto de la misma y las conclusiones más relevantes. Como se muestra en dicha tabla, no se han encontrado referencias directamente centradas en la conceptualización de la estructura y del funcionamiento celular, pero sí se desprende de los trabajos incluidos en ella la necesidad de abordar estos contenidos de manera más profunda en la medida en que hasta ahora disponemos de pocas investigaciones y las encontradas son básicamente descriptivas. Como se ve, estas propias revisiones plantean alternativas y dan pautas para enfocar el estudio de las representaciones. Estas revisiones refuerzan la idea ya expresada al comentar las investigaciones analizadas pues muestran que la célula y su funcionamiento resultan contenidos clave en el desarrollo del conocimiento biológico.

Tabla 2: Relación de revisiones bibliográficas relativas a conceptos biológicos. (Ver tabla pagina N° 28)

AUTOR/AÑO	OBJETO	CONCLUSIONES RELEVANTES
Lucas, A.M.1986	Revisión y perspectivas de la investigación en educación biológica	<p>81 estudios y trabajos de investigación en la enseñanza de la Biol. Entre 1966 y 1985.</p> <p>Predominio de métodos de enseñanza y de las características profesionales. No hay referencias a trabajos sobre la célula.</p> <p>Se debe dar más atención a la esfera del estudiante, a la forma en la que usa las ideas, su fuente y la manera de manejar los conceptos biológicos.</p> <p>La investigación en la enseñanza de la Biología debe ir unida a los estudios en enseñanza de la Física y de la Química.</p>
Giordan, A.1987	Explicación de la construcción y las funciones de los constructos.	<p>No hay referencias a la célula.</p> <p>Los conceptos previos no se pueden considerar como un fin de la investigación educativa en sí mismos.</p> <p>Las representaciones de los estudiantes deben ser tenidas en cuenta no sólo antes sino durante la fase educativa.</p>
Jiménez Aleixandre, M.P.1987	Selección bibliográfica de preconceptos y esquemas conceptuales en Biología.	<p>Número inferior de investigaciones en comparación con Física y Química.</p> <p>Trabajos de conceptos biológicos recientes.</p> <p>Diferencias en los campos y en las metodologías de investigación sugeridos.</p> <p>Ninguna referencia explícita a trabajos relativos a la conceptualización de la célula.</p> <p>Se considera mayor la complejidad de los conceptos biológicos (frente a los de Fís. Y Quím.).</p> <p>Los resultados de Fís y de Quím, podrían ser aplicables a las investigaciones en educación en Biología (en metodologías).</p>

<p>Serrano, T. 1987</p>	<p>Modos de pensamiento del alumnado en relación con conceptos de Biología.</p>	<p>Desequilibrio en los estudios relativos a las concepciones de Fís. /Quím. Y Biol. La mayoría de los trabajos son relativos a concepciones. Los estudios realizados son, en general, de naturaleza descriptiva. No se reflejan trabajos de interacción entre las concepciones y la versión científica. No hay referencias directas a la célula; sólo colateralmente aparecen trabajos dirigidos a las concepciones de herencia. Los jóvenes se enfrentan al aprendizaje de la herencia con ideas no modificadas tras la instrucción. Es importante que el docente tenga esta información. Existen diferentes técnicas para acceder al pensamiento del alumno; su elección depende del investigador. Apenas se describen trabajos de investigación relativos a intervenciones didácticas.</p>
<p>Banet Hernández, E. y Núñez Soler, F. 1995</p>	<p>Concepciones de los estudiantes sobre sí mismos como organismos, sobre el cuerpo humano como tal.</p>	<p>No se tiene claro que el destino de los nutrientes sean las células de todos los órganos del cuerpo.· No se comprende el uso celular de los nutrientes ni siquiera a nivel elemental.· Poco consolidada la producción de desechos por parte de la célula.· No se acaba de comprender la naturaleza celular de los gametos.· Parece necesario considerar que los estudiantes tienen concepciones sobre el cuerpo humano que se reestructuran en representaciones mentales construidas a partir de sus percepciones personales y que, por lo tanto, son persistentes y difíciles de modificar.</p>

<p>De Manuel Barrabín, J. y Grau Sánchez, R.1996</p>	<p>Representaciones y dificultades comunes en la concepción del pensamiento biológico.</p>	<p>Para explicar el concepto de ser vivo se recurre a criterios relativos a comportamiento más que a criterios fisiológicos o a criterios morfológico-estructurales.</p> <p>Se detecta una errónea aplicación de la teoría celular al tamaño de los organismos.</p> <p>Es frecuente observar una representación plana de la célula originada por los esquemas y dibujos de los libros.</p> <p>Se asocian la fotosíntesis y la respiración más con intercambio de gases que con transformación de energía.</p> <p>Se han detectado dificultades lingüísticas derivadas de la precisión del significado en conceptos genéticos.</p> <p>El aprendizaje de los términos nunca debería ser tan importante como la comprensión que se dé de los conceptos.</p> <p>Deberían darse condiciones para la verbalización del alumnado como forma de detectar los significados que asigna.</p>
------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

De los trabajos analizados, se desprenden aproximadamente treinta y dos resultados que se han considerado relevantes; se podrían reunir en cuatro categorías relativas a las mayores dificultades o problemas que ha mostrado el alumnado en la comprensión, conceptualización y aplicación del concepto de célula, tanto desde el punto de vista estructural como funcional. Estas categorías se exponen a continuación:

· **A: Nivel de organización celular:** de los resultados reseñados, doce hacen referencia explícita a problemas incluidos en esta categoría: Se detecta desconocimiento o muy baja comprensión del nivel celular, observándose contradicciones incluso para considerar a los seres vivos como seres constituidos por células, asignando carácter celular a los animales y no tanto a vegetales e, incluso, desconociendo la relación estructura/función. Estos resultados son los siguientes:

- No existe conocimiento del nivel celular.
- Se asume la comprensión celular de los seres vivos pero existen contradicciones; esta composición se equipara más fácilmente a animales que a vegetales y se ve dificultada, en todo caso, en su aplicación a situaciones concretas.
- No se relaciona estructura celular con funciones fisiológicas, así como tampoco se establece relación estructura/función.
- La célula como unidad funcional tiene un nivel muy bajo de comprensión y aceptación.
- No se representa mentalmente de manera clara la célula, atribuyéndole volumen sólo en algunos casos y no se identifican estructuras internas en la misma.
- Se detecta una concepción pobre del contenido celular.

- La célula es la unidad de la materia viva pero más en animales que en vegetales; incluso los vegetales son menos vivos que los animales.
- Si se aplica el concepto de célula, se hace de forma parcial e incompleta.
- Para muchos jóvenes, los vegetales no tienen células.
- La idea del aspecto celular es muy alejada de la realidad, no conociéndose el aspecto, la forma y las estructuras celulares y observándose una percepción del contenido celular bastante pobre.
- Se detecta una errónea aplicación de la teoría celular al tamaño de los organismos, recurriéndose a criterios relativos a comportamiento y no a criterios morfológico-estructurales o fisiológicos.
- Se observan frecuentemente imágenes planas de la célula.

B: Procesos vitales: se incluyen en esta categoría los resultados considerados relevantes que hacen referencia a los procesos fisiológicos fundamentales de la nutrición. Se han encontrado nueve de las treinta y dos ya comentadas y en todas ellas lo que se observa es 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; así mismo, está resultando un escollo fundamental la comprensión de los procesos de respiración celular y fotosíntesis, confundiéndose frecuentemente entre ellos y no asignándosele ninguna relación con procesos energéticos. Estas referencias se exponen a continuación.

- 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.
- No todas las células requieren oxígeno, aunque se reconozca a la célula como destino del mismo.

- Se equipara respiración a los pulmones y pocas veces se relaciona con la energía.
- Se entiende la respiración como intercambio de gases.
- No se relacionan alimentación, fotosíntesis, respiración, transpiración.
- Dificultades para conceptualizar fotosíntesis y respiración, considerando la fotosíntesis como respiración vegetal.
- No se relaciona la distribución de oxígeno con la composición de la célula ni con sus necesidades.
- Sólo unos pocos alumnos relacionan transporte de oxígeno con las células; no se entiende el transporte de nutrientes a las células.
- No se tiene claro que el destino de los nutrientes sean las células de todos los órganos del cuerpo; ni tan siquiera a nivel elemental se comprende el uso celular de los nutrientes. Consecuentemente, no se asume la producción celular de desechos.
- Se asocian fotosíntesis y respiración con intercambio de gases.

C: Desconocimiento de la Química: en esta categoría se han incluido seis referencias que guardan relación con problemas de conceptualización biológica en los que se detecta la importante relación que existe con el conocimiento de la Química. De hecho, como se ve, no está resultando fácil comprender la estructura y el funcionamiento celular si no van acompañados de una adecuada comprensión y aplicación de la química de la materia viva. Esta afirmación deriva de las referencias que se muestran a continuación.

- No existe la idea de elemento químico o de que la composición del cuerpo de un ser vivo y la de sus alimentos o nutrientes deba guardar una relación.
- Se detectan dificultades para comprender el cuerpo vivo como un sistema químico.

- Se detecta un profundo desconocimiento de los procesos biológicos a nivel bioquímico.
- Desconocimiento físico-químico de los procesos celulares.
- La materia viva no está constituida por átomos.
- Se detectan dificultades para comprender la presencia de los mismos elementos químicos tanto en la materia viva como en la materia inerte. La existencia de átomos se admite menos en animales que en vegetales.

D: Reproducción y herencia: Esta categoría incluye cinco resultados que se han considerado relevantes en la medida en que muestran serias dificultades de los jóvenes para entender el crecimiento y la herencia como procesos celulares. Estos resultados son:

- No siempre se asocia crecimiento del individuo a reproducción celular.
- No se relaciona el crecimiento vegetal con estructura celular ni con proliferación de células.
- Los vegetales no tienen cromosomas; no se relacionan genes y cromosomas, asignando a los gametos la información. Se asignan diferentes informaciones a distintas células, de distintas partes, del mismo organismo.
- La información de la célula-huevo se reparte entre las distintas células, no relacionando división celular con transmisión de información genética. - No se comprende la naturaleza celular de los gametos.

Como vemos, si bien son pocos los trabajos que han tenido como objeto de estudio la célula, como ya se ha comentado, es evidente, a juzgar por lo expuesto, que la estructura y el funcionamiento 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 y los propios trabajos revisados apuntan algunas sugerencias que recogemos a continuación.

- Hay resultados que pueden explicar la génesis y los cambios relativos a las concepciones sobre nutrición vegetal.
- La idea de que los seres vivos están formados por células no resulta fácil de comprender.
- 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 a una célula haciendo procesos que se asignan a niveles macroscópicos, ya que se le atribuyen conductas y funciones de organismos superiores.
- Es necesario abordar la comprensión de los procesos biológicos como procesos que requieren conceptos químicos; se deben establecer relaciones entre la teoría celular y la teoría atómico-molecular de la materia para, de este modo, superar los obstáculos micro/macrocópico.
- Sólo cuando se comprenda y aplique el concepto se podrá comprender la necesidad de digestión, absorción, etc. Por ello, es necesario reestructurar el concepto de cuerpo como sistema de integración celular.
- Antes de abordar el estudio de la genética se deben establecer relaciones entre estructuras y funciones celulares.
- La organización celular de los seres vivos no se tiene asimilada de manera significativa, resultando muy difícil su comprensión.
- Parece necesario considerar que los estudiantes tienen concepciones sobre el cuerpo humano que se reestructuran en representaciones mentales construidas a partir de sus percepciones personales y que, por lo tanto, son persistentes y difíciles de modificar.
- La falta de interés puede justificar representaciones pobres que corresponden a un modelo o imagen mental prototípica de célula epitelial-

pavimentosa; en esta imagen se mezclan escalas y técnicas, lo que haría necesario profundizar en el tema.

- Se debe dar más atención a la esfera del estudiante, a la forma en la que usa las ideas, su fuente y la manera de manejar los conceptos biológicos.
- La simplificación de conceptos y procesos puede generar ideas y concepciones erróneas.
- La instrucción escolar ha reforzado ideas alternativas.
- Se propone un uso más eficaz de las ideas, a pesar de las dificultades de su cambio.
- Se reafirma la necesidad de profundizar en los procesos de construcción conceptual.
- Existen diferentes técnicas para acceder al pensamiento del alumno.
- Del estudio de las representaciones deben derivarse consecuencias docentes.
- Es necesario investigar los modelos empleados por los estudiantes.
- Deberían darse condiciones para la verbalización del alumnado como forma de detectar los significados que asigna.

Lo que resulta más destacable de los resultados que estos trabajos han obtenido es la enorme dificultad que los jóvenes están teniendo en el aprendizaje y en la aplicación de un concepto que se ha mostrado tan fundamental para organizar y estructurar el pensamiento y el conocimiento biológico como es la célula y su funcionamiento. Consecuentemente, resultan abrumadores y decepcionantes estos resultados desde la perspectiva docente en la medida en que en varias de estas investigaciones y proyectos se han ensayado estrategias de intervención que han partido del

conocimiento de estas representaciones y que no han conducido a nada positivo.

Resulta evidente que el profesorado lo que pretende es que se dé en nuestros estudiantes aprendizaje significativo, pero un aprendizaje significativo contextual y científicamente aceptado; y está claro, a juzgar por los resultados, que nuestros jóvenes han desarrollado un aprendizaje significativo pero que no se corresponde con lo que la ciencia de la Biología postula para la célula y para su funcionamiento. Estas concepciones “erróneas” que está aplicando el alumnado sobre este tema y que están siendo tan resistentes a su modificación responden a un aprendizaje no correcto pero altamente significativo, lo que concuerda con la idea ya encontrada en la bibliografía de que la escuela refuerza algunas de esas concepciones.

7. MARCO TEORICO

7.1 DESCUBRIMIENTO DE LAS CELULAS

La imagen de la célula ha cambiado con la aparición de instrumentos que permitieron aumentar la agudeza visual. El conocimiento de las propiedades ópticas de las superficies transparentes curvas data de más de 2000 años, pero la aplicación de este conocimiento para ayudar a la visión tuvo que esperar hasta fines del siglo XIII, cuando el italiano Salvino degli Armati inventó los anteojos. El pulido de lentes se convirtió así en una artesanía ampliamente difundida, y el microscopio no es más que un subproducto casual de esta profesión.

En la segunda mitad del siglo XVII aparecen en tres países europeos, Italia, Inglaterra y Holanda, investigadores que convierten la exploración microscópica de las estructuras de los seres vivos en el principal, y a veces único objeto de sus estudios. Ninguno de los microscopistas del siglo XVII trabajó de acuerdo a un programa preconcebido o dentro de una investigación sistemática. Ponían bajo el microscopio lo que casual o accidentalmente provocaba su interés y el único vínculo que unía los heterogéneos problemas a que se dedicaban era el instrumento que manejaban. No es de extrañar que la obra de estos primeros microscopista careciera de sistema y de unidad. Constituyen un grupo casi totalmente separado de los otros investigadores. Apenas mantenían intercambio entre sí, no formaron escuela, carecían de discípulos y casi no tenían imitadores.

Por lo tanto, penetraban a una región totalmente inexplorada, aún más imprevista que la descubierta por el telescopio. Sin embargo los alcances de los descubrimientos realizados por los microscopista clásicos tardaron más de un siglo en ser reconocidos y continuados. Será recién en la cuarta

década del siglo XIX, con los progresos de la técnica microscópica vuelve a orientar las investigaciones hacia ese importante cambio y permite superar la labor de los primeros microscopistas

Robert Hooke (1635-1701).

En 1665 utilizando un microscopio rudimentario que él mismo había fabricado, observó láminas muy delgadas de corcho, que se obtiene de la corteza de ciertos árboles. Descubrió en ese preparado unas estructuras similares a las celdillas del panal de las abejas, a las que llamó células. Había observado las paredes de células muertas; por esta razón las celdas de Hooke eran un espacio sin estructura interna.

La palabra con la que se designa el estudio de las células, es citología, deriva del griego kytos, que significa espacio hueco, vacío. Esta etimología consagra un error de observación de Hooke y muchos de los que siguieron, pues les llamaron tanto la atención las paredes de las células, que pasaron por alto su contenido.

Escribió a la Real Sociedad de Londres (institución científica de corte moderno, siendo uno de sus cofundadores Robert Hooke) lo que había visto, con ayuda de esquemas pacientemente dibujados. Según él, “las células no son muy profundas, pero están formadas por muchas pequeñas cajas separadas una de otra por ciertos diafragmas”.

Dentro de la historia natural, se interesó también por el estudio del origen de los fósiles. En el ámbito de la física enunció la conocida ley de Hooke (ley del resorte). Contemporáneo de Newton se anticipó a algunas de las leyes, pero mantuvo con él una relación tormentosa.

Si bien las observaciones de Hooke marcaron un paso fundamental en el conocimiento de cómo están formados los seres vivos, solo a fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX se pudieron avanzar en el conocimiento celular.

Antón Van Leeuwenhoek (1632- 1723):

Nació en Delft, Holanda, vivió la mayor parte de su vida en su ciudad natal, iniciándose como aprendiz en una tienda de tejidos de Ámsterdam. En esa ocupación su atención fue atraída por las lupas empleadas para examinar hilos de los tejidos; desde entonces la talla de lentes para fines microscópicos se convierte para él en una pasión que lo dominará hasta el fin de sus días. Algunos años después, volvió a Delft donde aceptó el modesto empleo de portero de la Municipalidad. En esta modesta posición que le dejaba mucho tiempo libre, permanece cuatro décadas consagrando ese tiempo a su pasión: la microscopía. No sabía latín, pues carecía de formación escolar, no pudo leer la mayoría de los escritos científicos de la época, pero el mayor obstáculo era la imposibilidad de comunicar sus descubrimientos fuera de Holanda. Pero afortunadamente un compatriota suyo, reconociendo el excepcional valor de los descubrimientos de Van Leeuwenhoek, hizo llegar en 1673, un trabajo de este a la Sociedad Real de Londres, desde entonces hasta 1719 Van Leeuwenhoek no dejó de enviar a esa institución sus trabajos en forma de cartas que al principio provocaban escepticismo, pero luego despertaron admiración y entusiasmo. En 1680 fue designado miembro de la Sociedad Real de Londres.

Sin formación científica, sus éxitos los debió sobre todo a la habilidad de construir sus propios instrumentos, llevando el arte de tallar lentes a un límite no alcanzado por ninguno de sus contemporáneos. A los hombres de ciencia atraídos a Delft por la creciente fama de Van Leeuwenhoek, les permitió usar

en su presencia alguno de sus instrumentos, pero nunca los más poderosos; muy celoso de sus lentes jamás prestó ninguno.

Los trabajos de Van Leeuwenhoek carecen de unidad intrínseca o de una finalidad preconcebida. Con una paciencia sin par, ponía cuanto caía en sus manos bajo el microscopio, empujado por el deseo de penetrar en el mundo inexplorado de lo invisible. Abarca temas tan inconexos como son el ojo compuesto de los insectos y la estructura de la lana de oveja, la micrografía del filo de la navaja y la descripción microscópica de la ceniza del tabaco, la tela araña y el polvillo de diamante, el cabello humano y la semilla de la naranja. No obstante en la elección de los temas de estudio, Van Leeuwenhoek tropieza con descubrimientos de indiscutible importancia.

En 1673 descubre los glóbulos rojos de la sangre. Observó que en los peces y en las ranas son elípticos, mientras que en los mamíferos, incluido el hombre son redondos. Al examinar gotas de agua estancada descubrió en 1.675 una serie de pequeños seres multiformes. Los rotíferos, las hidras y los volvox, pequeños habitantes de agua dulce, fueron igualmente observados por él, mérito que comparte con Hooke que los había descrito un poco antes. Pero Van Leeuwenhoek fue el primer investigador que vio, en el agua de lluvia y en el sarro de los dientes, las bacterias que describió en varias cartas. No solo encabeza la serie de los bacteriólogos, sino que hasta el perfeccionamiento de los microscopios en el siglo XIX se mantiene como el único ser humano que vio bacterias. Además de haber empleado técnicas de tinción (azafrán para colorear tejido muscular); Leeuwenhoek, utilizó cortes finos en sus observaciones con el mismo grado de precisión logrado por los científicos dos siglos después. Pero el secreto que él guardaba sobre su método no permitió conocer su manera de trabajar. Se mostraba incluso orgulloso de esta actitud. Así al respecto en cierta ocasión confesó: “Mi

método de examen de los más diminutos animálculos...no lo divulgo y lo guardo para mí solo”.

El hallazgo de Van Leeuwenhoek que causó mayor impresión entre sus contemporáneos fue sin embargo el de los espermatozoides a los que llamo “animálculos”. En una carta enviada a la Sociedad Real de Londres escribe: “He visto una multitud de animalitos vivientes; más de 1000 moviéndose en un volumen de un grano de arena”. Comprobó también la presencia de los espermatozoides en una serie de mamíferos y de otros animales, como el gallo y la rana.

M.F.X. Bichat (1771-1802) Y Cuvier (1769-1832):

En una primera época anterior a la del médico francés Bichat, la anatomía patológica avanzaba casi al azar. Solo se habían estudiado las alteraciones orgánicas como causa de muerte. Con Bichat, comienzan las teorías. Se buscan las causas de la enfermedad para comprender las características de la vida. Tejidos semejantes eran asociados a enfermedades semejantes. Se describen las leyes del origen y desarrollo de las producciones orgánicas y la vida propia y característica que los anima. El considera el desarrollo, crecimiento y nutrición tanto en tejidos normales, como en los alterados. Buscaba los elementos estructurales y activos irreductibles de la organización vital. Reconocía la complejidad de las funciones del organismo y suponía que tales actividades tenían que tener bases concretas, que estarían establecidas en los tejidos. Esto es, asimiló la organización de un cuerpo a un tejido (teoría de los tejidos). Sufrió una muerte prematura, era un escritor y trabajador apresurado que nunca usó el microscopio.

Los tejidos poseían propiedades vitales distintivas (sensibilidad y contractibilidad) que constituían a los distintos órganos.

Él concibió a los tejidos como el último límite de resolución anatómica. Pensaba que en los seres vivos ocurrían procesos vitales que eran incompatibles con el resto de los fenómenos naturales. La vida no podía explicarse únicamente por procesos físicos y químicos.

La teoría de los tejidos era como la teoría de los órganos de Haller-Cuvier, tenía una parte funcional o fisiológica y otra estructural o anatómica.

Cuvier era un anatomista, hacia hincapié en los órganos o sistemas de órganos como unidades funcionales de los seres vivos. En su concepción, la forma y la función estaban unidas, porque eran el producto de una inteligencia superior que las había diseñado con un propósito (los dientes de animales carnívoros habían sido diseñados para comer carne).

Los puntos de vista de Bichat y Cuvier eran conocidos como vitalismo. Esta concepción consideraba que era necesaria una fuerza vital especial para que la materia se organizara y se volviera viva. Aun a fines del siglo XVIII el naturalista Cuvier y X. Bichat, rechazaban el microscopio argumentando que ofrecía visiones deformadas de los objetos.

Matthias Jakob Schleiden (1818):

Empezó siendo abogado hasta los 27 años de edad, insatisfecho con su actividad decidió abandonar la profesión y luego de un intento de suicidio inició sus estudios en medicina y botánica. Durante muchos años fue profesor de botánica en Jena. Poseía gran talento y originalidad pero incurrió en muchos errores debido a su temperamento impetuoso y su carácter arrogante. Buscaba una explicación de la vida a través de leyes que explicaran el funcionamiento del ser vivo a partir de sus partes (mecanicismo). Le desagradaba la visión del momento que considerara a la

botánica como una ciencia descriptiva y de clasificación (sistemática). Consideraba a la célula como unidad esencial de los organismos vivos.

“Se han realizado numerosos esfuerzos”, escribía, “para establecer analogías entre los animales y las plantas. Todos han fracasado porque la idea de individuos usada para los animales es inaplicable a las plantas. Solo en las plantas inferiores,.. Que consisten en una sola célula, tenemos un individuo en el sentido animal. Las plantas cuando han adquirido cualquier grado superior de desarrollo, son agregadas de seres separados independientes y totalmente individualizadas, a saber de las células mismas.

“Cada célula lleva una doble vida: una independiente, que pertenece solo a su propio desarrollo; la otra incidental como parte integrante de una planta”. Luego desarrolla las ideas de Brown (1831) acerca del núcleo:

Fue el primero en percatarse de un fenómeno que si bien ya observado, había sido descuidado. En numerosas células de Orquídeas encontró una mancha opaca que él llamó núcleo de la célula.

Partiendo de la célula, con el núcleo como su elemento esencial, Schleiden pasó al análisis de su origen. Aquí se equivocó, pues creyó que las células se generan por gemación de la superficie del núcleo.

Theodor Schwann (1810-1882):

Pertenecía a un contexto familiar profundamente católico. Fue catedrático primero de Anatomía y más tarde en la de fisiología, en la Universidad de Lovaina, Bélgica. Abandona luego parte de su actividad religiosa seducido por una concepción de la vida y los seres vivos como grandes máquinas

compuestos por engranajes gobernadas por leyes propias sin intervención divina (mecanicismo).

Se vio muy influido por Schleiden, otro científico alemán, quién al comentarle la importancia del núcleo en el desarrollo de células vegetales le recuerda su observación de un fenómeno similar en el desarrollo de células animales. Al contrario de lo que algunos científicos afirmaban habría entonces en el embrión, partes dotadas de vida propia e independiente de la existencia de una "fuerza vital".

En su obra clásica, "estructura y crecimiento de los animales y las plantas", 1839, Schleiden, presentaba su idea central:

"Hay un principio general de construcción para todas las producciones orgánicas, y ese principio de producción es la formación de la célula", Desaparecía así, la gran barrera entre los reinos vegetal y animal: *"Durante su desarrollo estas células [de cartílago] también manifiestan fenómenos análogos a los de los vegetales".... "La membrana celular, los contenidos celulares, los núcleos en los animales son análogos a las partes que tienen nombre semejante en las plantas"...²*

Se pueden expresar sus conclusiones del siguiente modo:

- La planta y el animal entero están compuestos por células o por sustancias segregadas por las células.
- Las células tienen una vida que es, en cierto modo propia.

² SCHLEIDEN " Investigaciones Microscópicas sobre las semejanzas de estructura y crecimiento de los animales y las plantas"(1839),

- La vida individual de todas las células se halla sometida a la de todo el organismo.
- Todavía es válida esta actitud general.

El problema de la capacidad fundamental de los cuerpos organizados, escribía Schwann (1882), se resuelve en las células individuales. Debemos considerar los fenómenos generales [reproducción, relación, nutrición) para descubrir que propiedades existen en las células y poderlos explicar. Dentro de estos fenómenos mencionó los metabólicos.

Rudolf Virchow (1858) :

Durante muchos años fue profesor en Berlín, destacándose por sus ideas liberales tanto científicas como políticas. Durante 25 años publicó en una revista de patología. Introdujo la idea, hoy familiar, de que el cuerpo puede ser considerado “como un estado en el cual cada célula es un ciudadano”: La enfermedad sería así como una guerra civil, “un conflicto de ciudadanos desencadenados por la acción de fuerzas externas”.

La búsqueda de la enfermedad realizada por Virchow, había avanzado desde los órganos hacia los tejidos y desde los tejidos hasta las células. Incurrió en muchos errores debido a su temperamento. Autores tales como Abraham Trembley (1776) y B, Charles Dumontier (1829), observaron la multiplicación de células, afirmando que las nuevas surgían por división de otras progenitoras. Esto fue luego promovido por Virchow, quién amplió esta observación, a células patológicas. En una revista científica dice:

“Donde nace una célula debe haber habido otra célula, de la misma manera que un animal no puede proceder sino de otro animal, y una planta no puede proceder sino de otra planta. Así, pues, en la serie completa de los seres vivos rige una eterna ley de desarrollo continuo. No hay discontinuidades ni se puede rastrear en sentido retrogrado ningún tejido desarrollado sin llegar a una célula”.

Virchow cristalizó en sus ideas en la frase: “Todas las células derivan de una célula”³. Pero si bien la convicción de Virchow no alcanzó para la demostración de la teoría celular promovió numerosas líneas de investigación. A través del estudio de la generación y desarrollo individual, entre 1840 y 1860 se logró mostrar que la célula unía generaciones sucesivas de plantas y animales.

Con el tiempo se le asignó al material genético (ADN) la responsabilidad última de la herencia y la posibilidad de la existencia continuada de la vida y los seres vivos.

7.2 La teoría celular:

Constituye uno de los principios fundamentales de la biología y establece que:

- a.** todos los organismos vivos están formados por una o más células;
- b.** las reacciones químicas de un organismo vivo, incluyendo los procesos liberadores de energía y las reacciones biosintéticas, tienen lugar dentro de las células;
- c.** las células se originan de otras células, y

³ VIRCHOW, Rudolf Ludwig “Patología y Muerte Celular, Berlín, 1858.

d. las células contienen la información hereditaria de los organismos de los cuales son parte y esta información pasa de la célula progenitora a la célula hija.

Llegado el siglo XIX, los microscopios habían mejorado mucho. Los científicos habían podido estudiar estructuras nunca antes vistas en las células. En 1883, Robert Brown, un botánico escocés, descubrió que las células de las hojas de orquídeas tenían una estructura central. A esta estructura la conocemos ahora como núcleo. Pocos años más tarde, se usó la palabra “protoplasma” para referirse al material del interior de las células.

En 1838, el botánico alemán Matthew Scheliden, como resultado de sus observaciones en tejidos vegetales, propuso la hipótesis de que todas las plantas estaban formadas por células. Al año siguiente, Ehedor Chawn, un zoólogo alemán, luego de haber observado un tejido animal, amplió la hipótesis y propuso que los animales también estaban formados por células. Chawn propuso además que los procesos de vida de los organismos debían ocurrir dentro de las células. En 1858, Rudolf Virchow presentó evidencias de que las células se reproducen para formar nuevas células, lo que derivó en las siguientes afirmaciones que se conocen como “**la teoría celular**”.

7.3 Concepto científico de célula:

Todos los organismos vivos están formados por pequeños compartimientos rodeados de membrana y llenos de una solución acuosa concentrada de compuestos químicos. Constituyen la unidad de la vida, ya que son las porciones más pequeñas que pueden realizar las funciones vitales y poseer, por lo tanto, existencia independiente. Este organismo tan pequeño es la **célula**: unidad funcional y estructural de todo ser vivo; a pesar de la enorme diversidad de formas, tamaños y funciones que presentan los organismos

vivos, se dice que hay unidad en la materia viva. Como ya vimos, la Teoría Celular, nos dice que los organismos vivos están integrados y originados por células; y a la vez nos permite relacionar la vida de la célula con la de un organismo pluricelular.

Definir el concepto de vida no es sencillo, independientemente de la diversidad, todos los organismos desde los más simples hasta los más complejos, comparten las mismas características:

- Todo ser vivo intercambia materia y energía con el medio que lo rodea. Dentro de los organismos se producen transformaciones de la materia y energía: una parte es aprovechada para el mantenimiento de su propia estructura, para crecer o para llevar a cabo otras funciones y otra parte es eliminada al exterior
- Todo ser vivo cumple con funciones de reproducción, es decir, da origen a organismos con características similares a la de sus antecesores.
- Todo ser vivo cumple con funciones de relación y / o coordinación: tiene la capacidad de reaccionar frente a los cambios que ocurren dentro o fuera del organismo.

Las formas más simples de vida son células solitarias que se propagan dividiéndose en dos, ejemplos de estas son las bacterias y las levaduras. Los organismos pluricelulares, como por ejemplo los organismos humanos, son como grandes empresas celulares, en las que grupos de células realizan funciones especializadas y están unidas por intrincados sistemas de comunicación.

Nos interesa conocer como cooperan para constituir un organismo tan complejo. Entonces consideraremos a la célula, primero como unidad viva constituida por partes menores, y luego como bloques constitutivos de estructuras mayores.

Las células comparten tres características básicas:

-están rodeadas de una membrana plasmática, que separa a la célula de su ambiente externo y a través de la cual se realizan los distintos intercambios

-poseen en su interior una sustancia viscosa llamada citoplasma.

-llevan la información para dirigir las actividades celulares en unos cuerpos llamados cromosomas.

Sin embargo, las células tienen algunas diferencias estructurales. A partir de la invención del microscopio electrónico, se pudieron realizar observaciones más precisas por las que se diferencian dos tipos básicos de células:

Células pequeñas con una estructura interna relativamente sencilla, sin compartimentalización, denominadas:

- *células procarióticas*, que incluye los diversos tipos de bacterias. El material genético está formado por un único cromosoma circular, como carecen de núcleo dicho cromosoma está localizado en el citoplasma.
- Células *eucarióticas*, mayores y radicalmente más complejas, tal como encontramos en los animales, plantas, hongos y protozoos. Poseen el material genético organizado en varios cromosomas, ubicados en el núcleo. El citoplasma de la célula eucariota esta organizado en

compartimientos, llamados orgánulos u organelas, especializados en distintas funciones.

Los organismos pluricelulares están formados por células eucarióticas, capaces de expresar distintas porciones de su información hereditaria, y de funcionar de manera coordinada en forma de organismo.

Si se comparan los organismos en cuanto a su complejidad o nivel de organización, se puede observar que están compuestos por distintos número de células, dispuestas y relacionadas de diferente manera.

El concepto célula es introducido por la escuela, ya que no forma parte del conocimiento cotidiano de sentido común. Se trata de un concepto que ha evidenciado serios problemas de comprensión en su aprendizaje, no sólo en lo que a Biología Celular se refiere, sino también en el conocimiento relativo a los seres vivos en general, como muestra la bibliografía consultada (Rodríguez, 2000 a). Además, es un concepto necesario en la formación de los jóvenes del siglo XXI, por cuanto se ha constituido en un elemento estructurante y básico para comprender el comportamiento de los organismos, el concepto mismo de “ser vivo” como tal (Rodríguez, 2001).

Por eso interesa conocer cómo se reconstruye este concepto en el aula a través del tiempo, a lo largo de un curso escolar completo. Resulta relevante para la investigación educativa y para la docencia saber cómo se elabora ese concepto, analizar cómo se reconstruye con la aparición de nueva información, cómo se procesa esa nueva aportación, en suma, para ver si realmente contribuye a la construcción de ese “nuevo” concepto. Y lo es porque de ello podremos extraer los modos según los cuales esa información nueva se incorpora o, incluso, si no lo hace, en ese proceso de formación de un concepto “célula” más acorde con lo que la ciencia actual considera para el mismo.

Pero son los estudiantes los que le tienen que atribuir ese significado y por eso, resulta importante analizar qué es lo que ellos están entendiendo y comparar que se ha procesado e incorporado a sus estructuras cognitivas y qué es lo que no.

Como ya se comentó, los referentes actuales en la investigación en educación científica son cognitivos; interesa indagar qué es lo que ocurre en las mentes de las personas para articular sobre eso el aprendizaje de los conceptos. Aprender un concepto científico supone la construcción de un modelo mental.

7.4 Modelos Mentales:

De acuerdo a lo señalado por Nersessian (1992): “El pensamiento acerca y en términos de una teoría, necesita la construcción de Modelos mentales. Mientras los conceptos científicos pueden ser codificados proposicionalmente, su comprensión implica interpretación, construcción de un Modelo mental de las entidades o procesos que ellos representan. Así, lo que los filósofos han venido llamando “significado” y “referencia” (i.e., interjuego entre palabras, mentes y mundo) es, en esta visión, mediado por la construcción de modelos mentales que relacionan el mundo de maneras específicas”. Si atendemos a lo expuesto, el concepto científico célula requerirá la construcción de un modelo mental que permita su apropiación y aprendizaje.

Desde la perspectiva de Johnson-Laird (1983), los modelos mentales son representaciones, son análogos estructurales del mundo que actúan como intermediarios entre el mismo y la mente, dada la imposibilidad de aprehenderlo directamente. Con este enfoque se han determinado cuatro modos distintos de pensar la célula:

Modelo mental A o estructural: construcción de un modelo de estructura celular pero no de funcionamiento. Imagen única y estática (en caso de que se genere). No establecimiento de inferencias y deducciones entre estructura y funcionamiento de la célula.

Modelo mental B o dual: construcción de un modelo de estructura de la célula y otro de su funcionamiento, ambos independientes, o sea, un doble modelo. Imagen estática. Establecimiento de pocas y pobres inferencias y deducciones entre estructura y funcionamiento.

Modelo mental C o causal discursivo: construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento de la célula. Establecimiento de inferencias y deducciones elaboradas entre estructuras y procesos. Causalidad. No uso o no generación de imágenes o, en caso de generarlas, éstas son estáticas y simples.

Modelo mental D o causal imagístico: construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento de la célula. Establecimiento de inferencias y deducciones elaboradas entre estructuras y procesos. Causalidad. Imagen dinámica-compleja y/o uso de varias imágenes.

Entonces los **modelos mentales** y en general el origen y la construcción del conocimiento humano se remonta a Platón, quien propuso que el conocimiento es siempre la proyección de nuestras ideas innatas. Para Aristóteles, las sensaciones se van imprimiendo en nuestra mente, la cual hace las veces de una tabla rasa.

La discusión aquí planteada ha sido recursiva en la historia de la ciencia; las posiciones que se ponen en juego y que aun están en discusión son, de una

parte, quienes defienden las ideas innatas y, de otra, aquellos que defienden la idea de una mente pasiva. Obviamente la perspectiva constructivista también está ligada a la construcción del conocimiento.

Los modelos mentales se refieren a las nociones que los alumnos traen consigo antes del aprendizaje formal de una determinada materia. Para algunos autores las ideas de los estudiantes suelen estar fragmentadas, no tienen estructura bien definida y delimitada y son con frecuencia de naturaleza intuitiva y la mayoría de las veces erróneas. Además, en general, los estudiantes no son conscientes de tener esas concepciones, las cuales son muy tenaces y no desaparecen con facilidad. Otras de las características más importantes de los modelos mentales de los alumnos son:

1. Un modelo mental es una representación, no necesariamente explícita, que tiene el estudiante acerca de un hecho o de un fenómeno. Esta representación puede evolucionar a medida que se construye el conocimiento.
2. El origen de los modelos mentales es tanto individual como social y se construyen a lo largo de la vida del individuo mediante la influencia de los diferentes contextos en los cuales él participa.
3. Los modelos mentales se presentan asociados a una metodología denominada de la superficialidad, caracterizada por respuestas rápidas, poco reflexivas y que transmiten mucha seguridad (Gil y Carrascosa, 1990).
4. Se han propuestos paralelismos entre la evolución de determinados conceptos en la historia de la ciencia y las ideas que los alumnos tienen sobre ellos.

5. Algunas de las ideas de los estudiantes tienen un rango de aplicación diferente, en general más amplio, al dado por los científicos. Son ideas que se pueden encontrar en contextos muy diferentes y responder a situaciones muy variadas.

La investigación sobre los modelos mentales ha tenido en las últimas dos décadas un desarrollo importante en una amplia variedad de tópicos científicos (Pfundt y Duit, 1994; Duit, 1993; Martínez, 1998). De la gran cantidad de investigaciones realizadas se han obtenido catálogos completos de las ideas más comunes entre los alumnos. El surgimiento y consolidación de esta línea de investigación marcó en buena parte el origen de la didáctica de las ciencias como una nueva disciplina científica (Tamayo, 2002).

Con las primeras investigaciones realizadas sobre las concepciones, se evidenció la gran importancia del reconocimiento de las ideas de los alumnos y el papel que éstas juegan para sus posteriores aprendizajes. Estas primeras investigaciones abrieron un nuevo campo de investigación y, a su vez, definieron un problema de investigación central de la didáctica de las ciencias: la inconsistencia entre las respuestas teóricas de los estudiantes y su dificultad, por ejemplo, para resolver problemas prácticos o para vincular la teoría a los fenómenos observados, lo cual evidencia graves incomprensiones en el aprendizaje de los estudiantes.

La investigación sobre las ideas de los estudiantes ha mostrado que cuando ellos encuentran una respuesta que puede ser plausible para el problema que se les presenta, no ponen en juego otros conocimientos que puedan contradecirla (de manera independiente o si tienen o no los conocimientos para responder al problema). El estudiante al enfrentarse al problema solo percibe o elabora sus respuestas a partir de lo que le sugieren observaciones superficiales del hecho analizado, generalmente sólo observa aquellos

comportamientos del fenómeno que apoyan su explicación inicial, pasando los demás desapercibidos o, sencillamente son considerados irrelevantes.

Una razón que explica el importante desarrollo de la investigación sobre las concepciones surgió como rechazo al auge de la enseñanza por transmisión de conocimientos ya elaborados. Desde esta perspectiva de enseñanza, los diferentes conceptos y teorías eran, y aun son, enseñados a los alumnos de manera completamente estructurada y en íntima relación con la estructura lógica del concepto enseñado, dando mínima importancia a la experiencia de los alumnos, a sus conocimientos previos y a aspectos de orden contextual. Es bien conocido el resultado de esta forma de enseñanza: los estudiantes, en el mejor de los casos, mezclan sus ideas acerca de los fenómenos estudiados con aquellas otras enseñadas en la escuela; no se establecen, por ejemplo, diferencias claras entre el conocimiento cotidiano y el científico y sus posibilidades de uso según diferentes contextos de actuación.

De igual manera, es evidente que frente a procesos de enseñanza como el descrito, al no haber una acción didáctica orientada específicamente a conocer y transformar las concepciones de los estudiantes, éstas terminan imponiéndose frente a las nuevas ideas científicas enseñadas en la clase. En síntesis, la enseñanza por transmisión de conocimientos elaborados no permitió el aprendizaje significativo de los conceptos científicos. La razón de ello fue, básicamente, el desconocimiento de las concepciones de los estudiantes sobre los conceptos enseñados. En consecuencia, se acepta que la investigación sobre las concepciones alternativas cuestionó con rotundidad la enseñanza por transmisión de conocimientos ya elaborados.

Hasta hace poco, y aún en la actualidad, se partía del supuesto de que para enseñar una ciencia era necesario y suficiente conocer dicha ciencia, lo cual llevo a consolidar una visión simplista sobre la enseñanza y el aprendizaje. Por fortuna, mencionado supuesto hoy, es cuestionado (Vasco, 2001;

Martínez, 2001). Se reconoce en la actualidad que la enseñanza de las ciencias exige tanto del conocimiento específico a enseñar como de un conjunto de conocimientos de orden epistémico, contextual e individual sin los cuales sería poco adecuado pensar la enseñanza hoy. En otras palabras, reconocer de manera cuidadosa las representaciones de los estudiantes sobre un hecho o fenómeno determinado requiere, de parte del profesor, un conocimiento detallado acerca de los aspectos conceptuales específicos, los cuales en unión con el conocimiento del profesor sobre la epistemología de la ciencia, las ciencias cognitivas y las motivaciones e intereses de los estudiantes frente a los conceptos estudiados, permiten una diferente conceptualización sobre la enseñanza.

Desde la perspectiva actual de la didáctica de las ciencias el paso de una visión simplista de enseñanza, centrada en lo conceptual, a una visión compleja, que integra en la realidad del aula aspectos conceptuales, individuales, contextuales, epistemológicos y sociales, permite una mejor comprensión de los procesos de enseñanza y aprendizaje y, a su vez, orienta posibles caminos para la enseñanza de las ciencias que respondan más y mejor a las actuales exigencias sociales y culturales.

No obstante la importancia de las investigaciones sobre los modelos mentales, es evidente que ellas se centran en gran medida en aspectos eminentemente conceptuales. Además, se refieren a aspectos de la realidad muy específicos que dan poca posibilidad para una comprensión más holística sobre los diferentes procesos de aprendizaje de los conceptos científicos. Con el propósito de aportar nuevos caminos al estudio de la formación de los conceptos científicos que permitan dar un paso adelante frente a las limitaciones del movimiento de las concepciones alternativas ha tomado fuerza el estudio de los modelos mentales y de la modelización de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Algunas investigaciones tienden

también a encaminar el aprendizaje basado en los modelos mentales, ya que permiten una comprensión más global del proceso de formación de conceptos científicos, mientras otras mantienen su énfasis en la dimensión conceptual.

Un problema fundamental y común para la Psicología y la Didáctica es averiguar como los sujetos representan mentalmente su conocimiento acerca del mundo, cómo operan mentalmente con esas representaciones y cómo estas pueden construirse, re-construirse y cambiar tanto en contextos de enseñanza como en ambientes cotidianos. Dada la capacidad del ser humano de manipular las representaciones simbólicas adquiridas bien sea mediante la observación, la experimentación o la instrucción, podemos traducir los eventos externos en modelos internos. El término general usado para llamar estos modelos internos es el de representaciones mentales, de las cuales Johnson-Laird 1983, identifica tres tipos:

- Las representaciones proposicionales: representaciones que pueden ser expresadas verbalmente.
- Modelos mentales: análogos estructurales de una situación del mundo real o imaginario.
- Imágenes mentales: perspectiva particular de un modelo mental.

En la adquisición de estas representaciones se encuentran quienes defienden su origen en modelos proposicionales puros y quienes resaltan el valor funcional de las imágenes mentales en la construcción de la representación, (Rivière, 1986). Tanto para la psicología como para la didáctica la polémica ha de centrarse principalmente en la descripción y comprensión de las funciones que permiten el conocimiento, más que en la prescripción de reglas que lo posibilitan.

El uso de nuestras representaciones no se circunscribe a ambientes específicos, las empleamos para la resolución de cualquier problema, bien sea este del ámbito educativo, familiar o laboral; para ello ponemos en juego diferentes formatos para representar la información según la complejidad del problema, nuestra experiencia, los propósitos de la inferencia, y nuestra habilidad para utilizar inteligentemente los códigos de representación (Rivière, 1986).

Rivière (1986) identifica tres niveles al hablar de representación: el fenoménico, el cognitivo y la máquina. La importancia de reconocer estos niveles de representación la destaca al concebir los procesos de razonamiento como funciones de construcción y comprobación sucesiva de representaciones, cada vez más profundas, integradoras y alejadas de la información estimular. Cuando nos enfrentamos a un problema la selección adecuada del nivel representacional es el mecanismo más importante del pensamiento inteligente, de tal manera que recurrimos a las representaciones más profundas cuando las más simples no nos permiten llegar a su solución. Dentro de esta teoría es admisible pensar que la mente es capaz de mantener representaciones paralelas con diferentes grados de abstracción.

En el segundo tipo de representación descrito por Johnson-Laird, (1983):

El uso de los modelos mentales nos permite integrar la información suministrada por todos los sentidos con la información proveniente del conocimiento general.

Consideramos, inicialmente, que los modelos mentales son lo que la gente tiene realmente en su mente y que le guía el uso de las cosas. Desde esta perspectiva general, en la construcción de los modelos mentales, influyen la

Percepción visual, la comprensión del discurso, el razonamiento, la representación del conocimiento y la experiencia. Están limitados, a su vez, por los conocimientos técnico-científicos de la persona, por su experiencia previa, por la forma en que procesamos la información y por aspectos motivacionales frente al contexto en que se construya el modelo mental. Es en ese proceso de interacción con el medio, con los otros y con los artefactos tecnológicos que construimos los modelos mentales internos, (Norman, 1983).

El discurso sobre los modelos mentales se basa en tres ideas centrales según Johnson-Laird (1983, 1991):

1. Un modelo mental representa el referente de un discurso, esto es, la situación que el discurso describe.
2. La representación lingüística inicial de un discurso captura el significado de ese discurso, o sea, el conjunto total de situaciones que puede describir.
3. Un discurso es juzgado como cierto, si incluye como mínimo un modelo del mundo real.

7.5 Funcionalidad de los Modelos Mentales:

Norman, (1983) identifica tres aspectos centrales en la funcionalidad de los modelos mentales, estos son:

1. Sistema de creencias: El modelo mental de una persona debe reflejar sus creencias sobre el sistema, bien sean adquiridas por la observación, la instrucción o la inferencia.

2. Observabilidad: Debe existir correspondencia entre los parámetros y estados del modelo mental accesible a la persona y los aspectos y estados del sistema físico que la persona puede observar.
3. Poder predictivo: El objeto de un modelo mental es permitir a la persona comprender y explicar los sistemas (físicos y sociales) con los que interactuamos continuamente y anticipar y predecir sus comportamientos.

Los modelos mentales que tienen los individuos en un campo del saber determinado no tienen que ser técnica y científicamente correctos, para muchas personas es suficiente que el modelo que tienen les permita traducir ciertas observaciones (representaciones simbólicas), en acciones o encontrar cierta correspondencia entre sus modelos y los eventos externos. En este mismo sentido es importante destacar que los modelos mentales son dinámicos, evolucionan permanentemente al interactuar con el contexto. Son además incompletos, inestables, inespecíficos y lentos. Independientemente de estas características comunes de los modelos mentales, pueden ser usados siempre de forma adecuada (Norman, 1983).

Conviene aclarar que los Modelos mentales erróneos no son siempre fuente de error y en algunas ocasiones pueden ser mejores guías que modelos más sofisticados; sin embargo pueden conducir obviamente a conclusiones equivocadas y a ciertas ilusiones cognitivas persistentes.

7.6 Contenido de los Modelos Mentales:

Para juzgar una afirmación como cierta debemos relacionar su propia representación, bien sea proposicional, modelo mental o imagen mental, con un modelo de mundo. Desde esta perspectiva los modelos mentales son construcciones hipotéticas que tiene el sujeto para explicar o comprender un suceso bien sea físico o social. Estas construcciones hipotéticas pueden

diferir marcadamente en su contenido, más no en su formato representacional o en el proceso en que las personas las construyen y manipulan.

El contenido del modelo mental frente a un hecho físico o social determinado depende de las preguntas que el “usuario” del modelo se quiere responder; en síntesis, el nivel de representación depende de las necesidades e intereses del individuo, y no por el simple hecho de añadir información al modelo mental existente, este resulta ser más funcional. En muchos casos la nueva información puede sólo generar “ruido” y no facilitar una mejor explicación o comprensión del hecho físico o social en cuestión.

Para hacer posible la comprensión del funcionamiento de un sistema y la capacidad de predecir su funcionamiento (Norman, 1983; Gutiérrez 1986) se requieren los siguientes procesos:

1. El sujeto debe traducir el sistema externo y los procesos a una representación interna de los mismos, en términos de palabras, signos, números, etc.
2. A partir de la primera representación, y mediante un proceso inferencial, se derivan otros símbolos. Se obtiene así una segunda representación mental del sistema externo.
3. Poner en funcionamiento mental esta segunda representación, de manera que sea posible realizar predicciones del comportamiento del sistema en situaciones externas diferentes.

Los modelos mentales, han sido usados ampliamente para referirse al contenido de una representación mental en muy diversos dominios del conocimiento.

Los estudios pioneros realizados sobre los modelos mentales desde la didáctica de las ciencias estuvieron orientados a conocer cuales eran las representaciones internas que tenían los estudiantes en dominios específicos del conocimiento, tanto los que hacían referencia a conocimientos de orden intuitivo como los adquiridos mediante la enseñanza. En la actualidad el interés central en el estudio de los modelos mentales reside en una mejor comprensión del proceso de su construcción y transformación. Para ello se requiere una mejor comprensión de las representaciones de los estudiantes, de cómo pueden estar representadas en su mente y de cómo pueden ser usadas por los sujetos para su razonamiento; el desconocimiento de éstos aspectos nos puede llevar a enfrentarnos con diferentes obstáculos en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En términos generales la enseñanza de las ciencias no ha estado orientada a favorecer la construcción de modelos mentales por parte de los estudiantes. La fuerte influencia de la enseñanza tradicional en el área de las ciencias naturales propicia encontrar, tanto en los libros de texto como en las intervenciones orales de los profesores, teorías como estructuras acabadas e inmutables.

Es frecuente hallar, dentro de este enfoque tradicional, la presentación de leyes y fenómenos siguiendo rigurosos criterios lógico-deductivos. Estos dos aspectos resaltados hacen solo referencia a la estructura de la ciencia enseñada, si a ellos integramos los provenientes de la intervención didáctica característica de los enfoques tradicionales de la enseñanza, queda claro que históricamente no se ha favorecido ni el conocimiento ni la construcción, consciente y deliberada, de modelos mentales por parte de los estudiantes.

De manera independiente del enfoque empleado para la enseñanza, sea este tradicional, tecnológico o constructivista, la comprensión por parte de los

alumnos de los conceptos, las proposiciones, las analogías y los procedimientos experimentales, dependen de la formación de modelos mentales, originados bien sea a través de los sentidos, de la influencia cultural o producto de la enseñanza, (Pozo, 1996). Frente al conocimiento de los modelos mentales y al uso que se les da a ellos para la enseñanza-aprendizaje de los conceptos científicos, encontramos diferentes tendencias.

En primer lugar, es posible considerar los modelos mentales, bien desde perspectivas de análisis unidimensional o multidimensional, como tipos de representaciones estáticas en las que el propósito final es la construcción del modelo mental sobre un concepto determinado y, en segundo lugar, fijar la atención más en el proceso que lleva a la construcción del modelo mental. Centrar la atención en los procesos que permiten u obstaculizan el paso de ciertos modelos mentales iniciales a otros modelos mentales finales nos introduce en un nuevo y rico campo de investigación en la enseñanza de las ciencias, el Cambio Conceptual donde es frecuente encontrar investigaciones y reflexiones encaminadas a relacionar el cambio conceptual individual con el cambio conceptual visto desde la historia de las ciencias.

Es común encontrar comparaciones entre las concepciones científicas de los estudiantes y las concepciones científicas en diferentes épocas de la historia de las ciencias, (Nersessian, 1992).

En el ámbito educativo el logro del cambio conceptual según los parámetros de la lógica formal tuvo su auge en la década de los 70s, década durante la cual importantes proyectos para la enseñanza de las ciencias estuvieron orientados por lineamientos Piagetianos.

Estos estudios destacaron aquellos en los que mediante procedimientos lógicos buscaban generar conflictos cognitivos en los estudiantes y a partir

de éstos últimos obtener el cambio conceptual. Desde la perspectiva didáctica no se ha encontrado mucho atractivo a esta propuesta en el sentido en que una vez expuestas las ideas de los estudiantes el propósito no debe ser simplemente falsarlas. La falsación, por compleja que pueda ser, no conduce a explicar o comprender el cambio conceptual.

Otro inconveniente de carácter didáctico en cuanto a esta aplicación del cambio conceptual tiene relación con la posible producción de estrategias de comportamiento en los estudiantes como respuesta a un proceso de enseñanza que constantemente los reta a elegir sus ideas para posteriormente ser falseadas por el profesor, lo cual puede conducir a producir nuevos obstáculos en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para Toulmin, la adquisición de conocimientos, y con ellos el cambio conceptual, visto desde perspectivas lógicas bien sea inductivas o deductivas es poco viable. Para éste autor la construcción de conocimientos no se inicia con la adquisición de conocimientos atomísticos los cuales generan, al relacionarse, conceptos más complejos por vía inductiva. En esta línea de pensamiento la noción de semejanza entre los objetos o eventos es insuficiente para explicar cómo los conceptos individuales son agrupados para formar nuevas categorías.

Tampoco es aceptable en la actualidad proponer la adquisición de los conocimientos según criterios estrictamente lógico-deductivos. Tanto la inducción como la deducción vistas individualmente no explican la adquisición de los conceptos y menos aun la transformación conceptual; la razón fundamental de ello es que restringen a criterios lógicos la adquisición del conocimiento. Se cree que los conceptos forman sistemas lógicos. En términos de Toulmin, no hay ninguna lógica en el descubrimiento de nuevos

conceptos; esto no quiere decir que los cambios conceptuales en las ciencias no se produzcan de una manera “racional”, Toulmin, (1977).

El cambio conceptual es visto por Lakatos (1987), Toulmin (1977) y Kuhn (1971), como un proceso no necesariamente lógico, el cual puede darse por caminos muy diversos. En contra de las propuestas acumulacionistas, verificacionistas y falsas, proponen que el cambio conceptual no se produce por el rechazo de las teorías mediante la realización de experimentos cruciales. En lugar de esto, los científicos cuando encuentran evidencias contrarias proponen hipótesis auxiliares con el propósito de mantener sus teorías.

Otro aspecto polémico central en el estudio del cambio conceptual es establecer si éste se da de manera gradual (Toulmin, 1977), o si se propone como revoluciones que causan cambios globales (Kuhn, 1971). Toulmin (1977), argumenta que el cambio conceptual nunca se produce de una vez, es gradual y se da mediante el cambio en los conceptos particulares. Para este autor una teoría adecuada del cambio conceptual debe explicar tanto la estabilidad conceptual como el cambio conceptual en los mismos términos.

La gran dificultad evidenciada por Toulmin para el estudio de cambio conceptual reside en que requiere perspectivas de aproximación tanto a nivel representacional como en el ámbito de la acción desplegada con los conceptos científicos. Dentro de esta línea de pensamiento si ubicamos el cambio conceptual como un cambio a nivel del lenguaje, de su estructura proposicional, de sus actuaciones, corremos el riesgo de quedar atrapados en su superestructura lingüística; la comprensión real del significado del concepto científico viene determinada por el uso adecuado que demos al concepto en situaciones reales.

Dentro de la perspectiva toulminiana seguir la evolución del cambio conceptual en los estudiantes sugiere que ellos mantienen elementos de las concepciones

Antiguas mientras incorporan gradualmente elementos de las nuevas (Toulmin, 1977; Nussbaum, 1989). El cambio conceptual vendría dado por la toma de conciencia gradual de las desventajas de las teorías propias y las ventajas de las teorías rivales; se constituye así la comprensión de la dinámica del cambio conceptual en el salón de clase en un elemento especialmente significativo para la investigación en Didáctica de las Ciencias.

La existencia de distintos modos de comprender la ciencia puede llevar a que diferentes miembros de la comunidad científica aborden nuevas anomalías desde perspectivas teórico-metodológicas diferentes; la tensión aquí generada puede conducir a la imposición de una de las teorías sobre la otra con el consecuente cambio paradigmático (Kuhn, 1971). Dentro de esta postura teórica se concibe el cambio conceptual como un proceso revolucionario que causa cambios globales. En el ámbito de la enseñanza de las ciencias encontramos semejanzas entre el cambio revolucionario propuesto por Kuhn y el cambio conceptual radical defendido por Carey 1985, y Chi 1992.

El cambio conceptual dentro de la perspectiva lakatosiana sigue un proceso gradual en el cual el planteamiento constante de hipótesis auxiliares, permite el mantenimiento de la teoría y su evolución, en lo que Lakatos ha denominado "Programa de investigación", constituido por una sucesión de teorías con sus reglas metodológicas. Con el planteamiento de las hipótesis auxiliares adecuadas lo que se busca es evitar refutar una teoría. Con base en esta perspectiva teórica son abundantes los intentos de describir el cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias.

La aplicación de las diferentes corrientes psicológicas en el terreno de la educación ha permitido ampliar las explicaciones en torno al fenómeno educativo para aproximarlo del cambio conceptual al constructivismo. La postura constructivista se alimenta de las aportaciones de diversas corrientes psicológicas asociadas genéricamente a la psicología cognitiva el enfoque psicogenético Piagetiano, la teoría de los esquemas cognitivos, la teoría ausubeliana de la asimilación y el aprendizaje significativo. El constructivismo postula la existencia y la prevalencia de procesos activos en la construcción del conocimiento: habla de un sujeto cognitivo aportante que claramente rebasa a través de su labor constructivista lo que ofrece su entorno. De esta manera, según Rigo Lemini (1992) se explica la génesis del comportamiento y aprendizaje, lo cual puede hacerse poniendo énfasis en los mecanismos de influencia sociocultural, socio-afectiva. Básicamente el constructivismo puede decirse que es la idea que mantiene el individuo tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los afectivos- no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia que se va produciendo día a día como resultado de la interacción entre esos dos factores. En consecuencia, según la posición constructivista, el conocimiento no es una copia fiel de la realidad, sino una construcción del ser humano. Fundamentalmente las personas realizan la construcción con los esquemas que ya posee, es decir, con lo que ya construyó en su relación con el medio que lo rodea.

8. MARCO CONTEXTUAL

8.1 Caracterización del Contexto

El Departamento del Cauca se caracteriza por ser un departamento heterogéneo desde el punto de vista social, cultural y económico, por ello resulta difícil generalizar en todo su territorio.

El Departamento del Cauca se encuentra ubicado en la parte sur occidental de la república de Colombia, entre los 0° 58'54" y 03° 19' 04" de latitud norte y los 75° 47' 36" y 77° 57' 05" de longitud oeste. Limita al norte con el Valle del Cauca, al sur con Nariño y Putumayo, al oriente con Huila, Tolima, Caquetá y al occidente con la Costa Pacífica.

La superficie del departamento comprende una extensión de 29.308 Km² equivalente al 2.7% del territorio nacional. Se encuentra dividido en 49 municipios como son: Almaguer, Argelia, Balboa, Bolívar, Buenos Aires, Cajibío, Caldaso, Corinto, El Tambo, Florencia, Guapi, Inzá, Jambaló, La Sierra, La Vega, López de Micay, Mercaderes, Miranda, Morales, Padilla, Páez (Belalcazar), Patía (bordo), Piamonte, Piendamó, Puerto Tejada, Puracé (Coconuco), Rosas, San Sebastián, Santander de Quilichao, Santa Rosa, Silvia, Sotará (Paispamba), Suárez, Sucre, Timbio, Timbiquí, Toribio, Totoró, Villa Rica y su capital Popayán.

El Cauca ha pasado de 857.751 habitantes en 1985 a 1.127.678 habitantes en 1993, según proyecciones realizadas por el DANE, el Cauca contará con 1.367.496 habitantes en el año 2005.

En el Cauca según censo de 1.993. El 50.1% de población corresponde al sexo masculino y un 49.9% al sexo femenino. Mirando las estadísticas por edades, la población menor de 20 años representa al 19% entre 20 y 40 años el 37%. En cuanto a las razas el cauca cuenta mayoritariamente con la raza mestiza.

De acuerdo con los datos del censo de 1993, el cauca representa el 82.6% de alfabetismo. Según cifras correspondientes a las matrículas de 1997/98, el cauca contaba con 14.983 estudiantes en preescolar (6%). 166.373 en básica primaria (64%), 75.259 en básica secundaria (30%).

Dentro del Departamento del Cauca se localiza la ciudad de Popayán, fundada en 1.537 por Sebastián de Belalcazar. Cuenta con una superficie de 512Km² y una altura de 1.737m sobre el nivel del mar. Su temperatura promedio anual es de 19.8°C. Se encuentra ubicada en la cordillera central, su posición geográfica es de 2°27` latitud norte 76°37` longitud oeste del mediterráneo de Greenwich.

La cabecera municipal limita al norte con Río Blanco, al sur con Puelenje, al oriente con Pueblillo Alto y al occidente con Julumito y Cajete.

El área comprendida por el municipio de Popayán la conforman barrios agrupados en 9 comunas, 23 corregimientos y 2 resguardos indígenas.

Popayán cuenta con una población urbana de 209.935 y rural de 23.326 habitantes. Con un número de nacimientos de 4.969 y de defunciones generales de 1.019, según cifras de 1.997.

En el ámbito educativo, el número total de establecimientos en Popayán es de 316, preescolares 107, primaria 145, y básica secundaria media vocacional 64. el número total de alumnos matriculados es de 48.280. en la zona urbana 45.394 y en la rural 2.886 en preescolar 4.304, básica primaria 23.270 y básica secundaria 25.910 y en educación superior 16.249.

Entre las actividades económicas más sobresalientes, se encuentra la agricultura, la minería y el comercio.

En cuanto al aspecto cultural, el atractivo característico es la Semana Santa, declarada monumento nacional.

En el aspecto político al igual que en la mayoría del país, la población está dividida entre los partidos tradicionales: Liberal y Conservador, con una mínima parte vinculada a los partidos alternativos.

Dentro de la ubicación geográfica la Institución Educativa INEM “Francisco José de Caldas” está conformada por la sede principal, ubicada en la comuna N° 1 entre la carrera 17 con la avenida aeropuerto, centro de la ciudad; la sede Alejandro González, ubicada en la vereda del mismo nombre; y la sede Junín, ubicada en la carrera 9ª, en las instalaciones de las casas fiscales de Popayán. No obstante, los estudiantes provienen en un 80% de otras comunas, especialmente de los barrios periféricos de la ciudad, un 15% de la zona rural y un 5% de la propia comuna.

Foto N° 1.



Colegio INEM.

El INEM “Francisco José de Caldas” de la ciudad de Popayán tuvo origen legal, como todos los INEM del país, mediante decreto 1962 de 1969, por la cual se creó la educación media diversificada. Su funcionamiento se programó para la segunda etapa y como tal, inició labores en septiembre de 1972.

Actualmente la institución ofrece a la comunidad las siguientes modalidades de bachillerato: bachillerato en gestión empresarial (con énfasis en sistematización de datos contables y ofimática), bachillerato en gestión empresarial (con énfasis en administración y mercadeo), bachillerato académico, bachillerato en computación, bachillerato industrial (con énfasis en electricidad y electrónica), bachillerato en promoción social (con énfasis en liderazgo juvenil), bachillerato en administración agropecuaria. En la sedes Alejandro González y Junín funciona la educación básica primaria. En la sede principal desde el 2004 se abrió el curso de 5º. En el momento la población de alumnos matriculados asciende a 1.900.

En su mayoría los estudiantes provienen de estratos 0, 1 y 2; hay un porcentaje alto de familias desintegradas; otro porcentaje importante de familias viven en inquilinatos. Los funcionarios de trabajo social y

Psicorientación han logrado establecer que es también alto el número de casos de estudiantes que conviven con la madre (cabeza de hogar), en algunos casos con el padre, y en un número importante con familiares (abuelos, tíos, primos, hermanos y hasta amigos).

Sus padres o acudientes laboran en su mayoría en actividades informales, su nivel de escolaridad a duras penas alcanzan los primeros grados de la educación básica primaria.

Foto N° 2



Estudiantes 10º Colegio INEM

El Departamento del Cauca, consta de diversas culturas étnicas, de las cuales el colegio INEM forma parte; estas culturas han hecho notable el crecimiento de este establecimiento educativo el cual posibilita la educación homogénea para todas estas culturas, el colegio INEM le da la oportunidad mediante el reconocimiento de las características y aspiraciones como seres humanos dentro del grupo para que cada uno se pueda identificar en su estructura como grupo social, a pesar de que la educación tiene que estar sujeta a un control estatal, esto hace que cada sujeto tenga su propia forma de aprendizaje, lo cual se hizo importante en la investigación, porque mediante los modelos mentales de Johnson Laird se da la oportunidad que

cada estudiante piense y exprese a su manera todas las ideas que tenga grabadas en su mente.

9. DISEÑO METODOLÓGICO

El objetivo primordial al realizar esta investigación era el de analizar los modelos mentales de célula construidos por los estudiantes de décimo grado del colegio INEM de la ciudad de Popayán.

Esta investigación se llevó a cabo mediante el estudio de casos, ya que es la más adecuada para los estudios propuestos. Y así de esta manera poder establecer deducciones e inferencias sobre los modos de representación partiendo para ello de las producciones hechas por los estudiantes, como representaciones externas. De este modo, se han generado modelos mentales desde la propia investigación sobre los posibles modelos mentales de célula

Para dicha investigación se utilizaron diferentes instrumentos que permitieron determinar los diferentes modelos mentales que generaron los estudiantes en su proceso de aprendizaje.

9.1 Contexto:

El contexto en el que se llevó a cabo la investigación corresponde con las condiciones naturales de aula en la asignatura de Biología de educación media, con estudiantes del grado décimo (10-01) del colegio INEM de la ciudad Popayán, contando con la colaboración de la profesora de dicha área, para poder recopilar los datos correspondientes a la implementación de los instrumentos.

Foto N°3



Estudiantes desarrollando cuestionario

El centro en el que se desarrolló la experiencia queda ubicado en el la zona centro con características urbanas Se trata de un instituto público de enseñanza media que recibe alumnado proveniente de familias de nivel socioeconómico diferente y disperso.

Por lo tanto para realizar esta actividad se contó con la totalidad de los estudiantes del curso que asciende a 31 estudiantes, se consideraba que estos estudiantes debían estar en las condiciones más naturales posibles; porque lo que se pretendía era ver cómo representaba mentalmente la información trabajada y en ese sentido, el alumnado en ningún momento debía saber que estaba siendo objeto-sujeto de investigación, de manera que no hubiera influencia alguna sobre su modo de pensar.

9.2 Los casos:

Los casos en los que se hizo la indagación pertenecían a estudiantes del grado décimo (10-01) de la asignatura de biología del colegio INEM. Estos estudiantes a indagar desconocían su condición de sujetos de investigación,

puesto que lo que se pretendía era obtener respuestas sin que se sintieran condicionados o presionados, que es lo que ocurre normalmente cuando el estudiante se encuentra en las aulas.

9.3 Fuentes de datos e instrumentos de valoración

Las fuentes de datos utilizadas para la recogida de información estaban constituidas por las producciones hechas por el alumnado del curso escolar que fueron convenientemente registradas para su posterior análisis e interpretación. Estos Registros son los siguientes: 3 Cuestionarios:

Los cuestionarios contenían preguntas específicas, donde debían dar conceptos, realizar gráficos o imágenes.

Cada cuestionario estaba constituido de ciertas preguntas a las cuales debían responder de acuerdo a sus conocimientos adquiridos en proceso de escolarización.

En el segundo cuestionario, se les presentó un gráfico simulando el contorno de la célula, a este debían darle el sentido y completarlo.

En el último cuestionario se les pidió que elaboraran un dibujo relativo a la estructura y funcionamiento celular.

Con esas fuentes de datos se obtuvo tres registros de cada uno de los estudiantes, que constituían las producciones que han servido de soporte para la posterior interpretación sobre los posibles modos de pensar de los mismos, sus modelos mentales, relativos a la célula en el curso escolar en el que se han obtenido. Estos materiales se analizaron desde la perspectiva de estudio de casos, para lo cual en dichas interpretaciones se ejemplificaron con esos datos aportados por los propios estudiantes.

En el proyecto global de investigación se usaron 3 instrumentos distintos de recopilación de información que constituyen las producciones de estos individuos.

Los instrumentos utilizados tenían por objeto lograr información relativa a la selección y uso de conceptos y frases relacionados con el concepto célula, así como la utilización de imágenes, de esta misma atendiendo en todas las cuestiones planteadas tanto a la estructura como funcionamiento celular.

En los cuestionarios se pidió al alumnado que expresara de manera gráfica y conceptual lo que se le solicitó, en este caso relacionado con la célula (conceptos, definiciones, gráficas). Las respuestas a las mismas nos permitieron inferir los elementos que el individuo maneja (verbales o icónicos). Esto permitió recoger una información valiosa para establecer comparaciones.

La intención de utilizar gráficos como parte de indagación era el de valorar la capacidad que posee el estudiante para en un determinado momento imaginar y de igual forma plasmar la estructura celular, para de esta forma darnos cuenta si es la forma de imaginar un modelo mental o evocar simplemente modelos que aparecen en libros de texto.

También las representaciones externas, para de esta forma poder inferir como son las representaciones mentales internas de cada estudiante. Para analizar el uso de los modelos mentales en estas representaciones, que es el objeto del presente trabajo, se utilizaron como instrumentos los cuestionarios algunos donde solo las respuestas eran escritas y otros donde las respuestas eran dadas gráficamente, donde podían plasmar la estructura y el funcionamiento de la célula.

El objetivo al utilizar estos instrumentos era de analizar las posibilidades de esta teoría para estudiar las representaciones de célula generadas por estudiantes; de esta manera, se abordó, en primer lugar, la propia teoría como construcción adecuada explicativamente de la mente, que da cuenta de sus rasgos más característicos; se expone el diseño de la investigación desarrollada, se presentan los resultados y se lleva a cabo su discusión articulada en torno a los principios que Johnson-Laird postula como definitorios de los modelos mentales.

9.4 FASES:

FASE 1

El objetivo de esta actividad era el de conocer los modelos mentales que poseen los estudiantes referentes al concepto célula, funcionamiento y estructura celular.

CUESTIONARIO 1

1. ¿Qué es célula?

Al momento de plantearnos esta pregunta nos remitimos a que el concepto célula ha sido objeto de estudio desde diferentes perspectivas de la cual se han ocupado diversos investigadores a lo largo de la historia de la indagación científica en general, y en enseñanza de la Biología en particular. Debido a que es un aprendizaje que no parece evidenciarse, ya que es una realidad que a los estudiantes les parece sumamente complejo y abstracto y que no se ve reflejada en la vida diaria.

La Célula ha sido históricamente un concepto difícil de aprender. Frecuentemente se observan problemas de conceptualización biológica como dificultades en la concepción de fotosíntesis, desconocimiento del nivel celular, ausencia de transformaciones químicas en la célula, ausencia de comprensión del destino de los nutrientes, visiones o ideas estáticas de la célula carentes de funciones, incompreensión de la división celular, desconocimiento o ausencia de comprensión de las funciones vitales, asignación celular a unos seres vivos y a otros no, etc., que obstaculizan la comprensión del comportamiento de los seres vivos pluricelulares.

Los organismos vivientes están formados por unidades básicas llamadas células, en cuyo interior ocurren actividades y fenómenos que las caracterizan a unas de otras. Algunos organismos son muy simples y se componen de una sola célula, por lo que se les conoce como unicelulares. Dentro de esa única célula se llevarán a cabo todas las actividades (funciones) del organismo unicelular.

Otros organismos más grandes están formados por muchas células, hasta por millones de ellas y se conocen como pluri o multicelulares. Las funciones de los organismos multicelulares se dividen entre sus muchos tipos diferentes de células.

La mayoría de las células son tan pequeñas que el ojo humano no puede verlas directamente. La célula es una entidad que determina la estructura y el funcionamiento de todo el mundo.

Las posibles respuestas de los estudiantes serán:

Unidad mínima de todo ser vivo.

Unidad estructural y funcional de todo ser vivo.

El elemento más pequeño y microscópico de todo organismo.

En las respuestas anteriores supone un discurso articulado, eso sí, en forma de frases sueltas, argumentos no hilvanados en función de un hilo conductor claro, pero un discurso que responde a un procesamiento de la información recibida y estudiada que permite el establecimiento de inferencias.

2.- ¿Es importante el estudio de la célula?

La finalidad de esta pregunta era saber si el estudiante en su mente había construido de forma organizada un conocimiento biológico referido a la célula, Ya que esta es un concepto clave en la conceptualización del conocimiento, es una entidad compleja y abstracta que se construye en la mente de nuestros estudiantes, en su conocimiento a partir del discurso y que se construye como tal entidad compleja y abstracta si bien es cierto que es una entidad física real, que existe en ese mundo físico real. Y es una entidad que determina la estructura y el funcionamiento de todo el mundo vivo; Condiciona, por lo tanto, su comprensión, su interpretación, la representación que él mismo se haga en esas mentes como intermediaria entre ese mundo vivo y el sujeto que pretende acercarse a él para entenderlo y aprenderlo. De ahí que el interés del estudiante debe estar evidenciado puesto que es un concepto fundamental para poder llegar a comprender la complejidad de la vida.

El estudiante por el grado académico en el que se encuentra estaría en la capacidad de responder de forma autónoma y coherente analizando y comprendiendo que este es un concepto importante, puesto que de aquí se derivan diversas formas de vida.

3.- ¿Cómo podemos representar una célula?

La evolución seguida en los modos de plasmar gráficamente la célula en los libros científicos no deja de ser, no obstante, fiel reflejo de lo que ha sido la propia historia de la construcción del conocimiento en esta área, pues al principio se conocían pocos elementos y, de manera dependiente de la tecnología, se han ido incorporando a esas imágenes nuevos elementos que el desarrollo de la investigación ha ido ofreciendo (Angulo, 1999).

Ese modo de representar la célula a lo largo de la historia es un correlato claro de la forma de abordar este conocimiento y de hacerlo evolucionar puesto que, si nos fijamos, se corresponde, en un principio con células con “poquitas cosas” y progresivamente se ha ido llenando y llenando de contenido celular (Host, 1988; Maienschein, 1991; Angulo, 1999).

De hecho, parece incuestionable que el tratamiento que se ha seguido es básicamente descriptivo y basado en una fragmentación y descomposición progresiva de los diferentes orgánulos y elementos celulares que se abordan por separado, observándose que se refleja muy poca integración de los mismos en un funcionamiento complejo, (¡que no se ve ni se trata en muchos casos!), muy poca abstracción de lo que una célula es en la realidad, cuanto menos cuando la dibujamos como lo hacemos. En términos generales, estos diseños plasman características anatómicas.

También interesaba conocer si esta imagen supone la exposición pública quizá inconsciente de una manera de pensar sobre el funcionamiento de la célula. El asunto tiene gran importancia al ser este esquema considerablemente didáctico y aparecer en los libros de texto de todos los niveles, desde la enseñanza escolar hasta la Universidad. Su uso impone en el aprendizaje de los alumnos una forma concreta de ver la estructura y función de la célula. Su aprehensión dificultaría la comprensión de algunos

de los sistemas celulares que no son evidentes en estas figuras (Angulo, 1999, pág. 7).

¿Se ayuda a visualizar el comportamiento celular con estas formas gráficas?
¿Se favorece con ellas comprensión sobre el funcionamiento de la célula que es, precisamente, lo que dota de vida a esta abstracta entidad? Será necesario, pues, que se cuestione: Si la célula actual ha perdido su carácter teórico integrador y se ha convertido en un arquetipo icónico que incluso puede interferir en la comprensión de su funcionamiento.

La imagen científica, tiene un contenido ideológico, es decir, teórico, que nos alcanza de forma mucho más directa y profunda de lo que conscientemente sentimos.

Habría que plantearse si estos diseños no estarán transmitiendo un modo de conceptualizar la célula que ni tan siquiera sea el que se acepta desde la investigación de vanguardia en el área de conocimiento que nos ocupa (Rodríguez, 2002).

Hemos de tener en cuenta que el contenido relativo a la Biología Celular se está ampliando con gran rapidez y que eso obliga a su revisión por parte del profesorado, de manera que como docentes se actualice la imagen de célula que se tiene; hemos de considerar también que aun a pesar de esas nuevas informaciones, cada uno parte de la visión de célula que asimiló en sus estudios (Angulo, 2000).

Ese arquetipo puede estar actuando como obstáculo en la comprensión del alumnado; se está transmitiendo un único patrón, un esquema que atiende básicamente a aspectos anatómicos y eso se hace de algo, una realidad que a los estudiantes les resulta sumamente abstracta y compleja, una entidad que no “ven” en la vida diaria. Son estos diseños los que presentan los libros

de texto de la enseñanza no universitaria y, en un afán por ejercer un papel didáctico en el proceso de aprendizaje, quizás, como se expresó, estén resultando contraproducentes en la medida en que influyen la visualización individual y, por tanto, en la forma de representar la célula. La interpretación de esos diseños y dibujos por parte del alumnado no es, pues, una cuestión trivial sino, más bien, un problema añadido en la conceptualización de célula como concepto. De hecho, se observan problemas relativos a la interpretación de gráficos, se detectan problemas de apreciación de las dimensiones celulares, se muestran ideas bastante alejadas de la composición celular de los seres vivos y una percepción muy pobre del contenido celular (Díaz y Jiménez, 1993); no se tiene una representación mental clara de la célula y no se correlacionan sus funciones con las de los organismos pluricelulares (Caballer y Giménez, 1992, 1993); esas representaciones mentales reflejan una concepción “huevo frito” de célula, con una estructura basada en anillos concéntricos en los que se sitúan algunos elementos organulares (Díaz y Jiménez, 1993, 1996). Todo ello muestra un panorama del aprendizaje desarrollado sobre la célula bastante limitado y parece indicar que los esquemas y diseños manejados en dichos procesos tienen una parte de responsabilidad en estos resultados, lo que refuerza la necesidad de profundizar en indagaciones sobre el tema.

El estudiante maneja un modelo mental de célula que presentan los libros tan generalizados donde se muestra una imagen con el esquema prototípico de forma redondeada, con organulos muy específicamente representados e idealizados para que se puedan reconocer, un diseño semejante a un “huevo frito”. Esta manera de plasmarla ha ejercido una profunda influencia en la forma de ver la célula que tienen los estudiantes.

4.- escribe tres palabras que representen “célula”.

Dentro del estudio de la biología es evidente que el concepto célula es importante para el aprendizaje de las ciencias como ya se ha justificado, pero lo más importante era poder determinar la estructura y el funcionamiento que esta conlleva en su interior. Con esta pregunta se intentaba que el estudiante involucrara en las respuestas todos los componentes que posee la célula y como se relacionan en estructura y funcionamiento, como es sabido según la moderna teoría celular, es la unidad *vital* – el ser vivo más pequeño y sencillo- *fisiológica*- posee los mecanismos biológicos para permanecer con vida-, *morfológica*- todos los seres vivos se componen por células- y *genética*- posee los mecanismos de transmisión de herencia a los progenitores y todas las células preceden de otras ya preexistentes-. Una célula tiende a disminuir su entropía y aumentar y mantener el grado de complejidad que ha alcanzado. Realiza además las funciones vitales en las que obtienen materia y energía del medio para evitar la degradación local, renovar su composición química, aumentar su complejidad, etc.; obtiene información del medio que le ayuda a sobrevivir y tiene mecanismos de transmisión de herencia a los progenitores, encaminada a perpetuar la especie.

Pero lo que más se hace evidente relativo a este tema dentro del aula escolar es que el estudiante responda con las siguientes ideas sueltas que únicamente son producto de repetición y que a pesar de todo no son ideas erróneas, sino que es lo único que se le da a conocer y es:

Unidad funcional de todos los seres vivos

Constituida por tres partes: membrana, citoplasma y núcleo.

Que el citoplasma contiene organulos que hacen una función concreta en el núcleo de la célula.

5. explica con tus palabras como funciona la célula.

Frecuentemente se observan problemas de conceptualización biológica como dificultades en la concepción de fotosíntesis, desconocimiento del nivel celular, ausencia de transformaciones químicas en la célula, ausencia de comprensión del destino de los nutrientes, visiones o ideas estáticas de la célula carentes de funciones, incompreensión de la división celular, desconocimiento o ausencia de comprensión de las Funciones vitales, asignación celular a unos seres vivos y a otros no, etc. que obstaculizan la comprensión del comportamiento de los seres vivos pluricelulares. Son muchos aspectos diferentes, como distintos fueron también los objetos de estudio de las investigaciones que los produjeron como resultado, pero en todos se ve un problema común: ausencia de comprensión biológica de los seres vivos por desconocimiento y ausencia del significado de la célula como su unidad constituyente. De esta manera se hace importante y evidente la necesidad de indagar acerca de estos procesos que realiza la célula en su parte interna.

Las posibles respuestas de los estudiantes son:

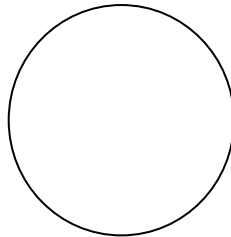
- Funciona gracias a organulos que posee en el citoplasma.
- para su funcionamiento es necesario oxígeno y nutrientes y expulsar gas carbónico.
- Su funcionamiento es realizado por los ácidos nucleicos contenidos dentro de la membrana nuclear.

Estas respuestas muestran claramente que siguen siendo repetitivas y frases sueltas, sin ninguna secuencia y correspondencia a lo complejo del concepto. Si esta son las respuestas seguramente es porque no se ha tenido un proceso de construcción del concepto a lo largo del aprendizaje escolar.

FASE 2

Dentro de esta actividad el propósito primordial no era sólo hablar de conceptos científicos, sino también la forma de interiorizarlos y comprender todas las estructuras cognitivas; si admitimos el enfoque que proviene de la psicología cognitiva, los conceptos se representan y, por lo tanto, actúan como elementos esenciales que deben ser tratados en cualquier teoría que verse sobre la mente y su funcionamiento (Greca, 2001). ¿Cómo se aprenden los conceptos? ¿Cómo se opera mentalmente con ellos? ¿Qué es lo que hace que se maneje un concepto, como célula, que no forma parte del sentido común? Los conceptos llevan a cabo funciones cognitivas, ya que nos permiten categorizar, percibir, recordar, inferir, deducir, generalizar, razonar, explicar, comprender, y por ello se requiere su estudio en términos cognitivos, sobre todo si tenemos en cuenta que es esa ciencia conceptual lo que queremos enseñar.

1. ¿Si la siguiente grafica representara el contorno una célula que colocarías dentro?



Al plantearnos esta pregunta nos parecía importante que el estudiante no solo hiciera referencia a las partes que son más sobresalientes como son el núcleo, la membrana celular y la membrana plasmática; que es lo que más aparece en los libros; sino todo el conjunto finito de relaciones que representa toda la estructura físico-química de los organulos y también todos los procesos celulares que se realizan dentro de ella, que guardan relación con la forma de operar y recordar el modelo mental trabajado o construido a través del proceso cognitivo.

Esta información fue muy importante dentro de la investigación para conocer los distintos modelos mentales de representación de las imágenes que tiene el estudiante y de como lo ha adquirido en el procesamiento de información lo cual en la imagen se hace más fácil de interpretar en estas imágenes se puede observar si el estudiante maneja todas las estructuras y funciones y todo lo que genera este aprendizaje en la cognición.

2- Aprovecha este espacio para explicar el funcionamiento que tú crees que tiene una célula.

El objetivo al elaborar esta pregunta era conocer si el estudiante integraba conceptos previos de estructura y funcionamiento celular, además si relacionaba la complejidad de la organización celular. En esta respuesta el estudiante debía relacionar el funcionamiento de cada uno de los organelos que posee la célula y como todos estos componentes de ella (organulos) la hacen una unidad funcional.

El proceso de organización y funcionamiento celular depende de la acción conjunta y coordinada de diversos organelos por medio de la regulación de procesos que suceden dentro del núcleo.

Las células vivas son un sistema bioquímico complejo. Las características que permiten diferenciar las células de los sistemas químicos no vivos son:

Autoalimentación o nutrición: Las células toman sustancias del medio, las transforman de una forma a otra, liberan energía y eliminan productos de desecho, mediante el metabolismo.

Autorreplicación o crecimiento. Las células son capaces de dirigir su propia síntesis. A consecuencia de los procesos nutricionales, una célula

crece y se divide, formando dos células, en una célula idéntica a la célula original, mediante la división celular.

Diferenciación. Muchas células pueden sufrir cambios de forma o función en un proceso llamado diferenciación celular. Cuando una célula se diferencia, se forman algunas sustancias o estructuras que no estaban previamente formadas y otras que lo estaban dejan de formarse. La diferenciación es a menudo parte del ciclo de vida celular en que las células forman estructuras especializadas relacionadas con la reproducción, la dispersión o la supervivencia.

Señalización química. Las células responden a estímulos químicos y físicos tanto del medio externo como de su interior y, en el caso de células móviles, hacia determinados estímulos ambientales o en dirección opuesta mediante un proceso que se denomina taxis. Además, con frecuencia las células pueden interaccionar o comunicar con otras células, generalmente por medio de señales o mensajeros químicos, como hormonas, neurotransmisores, factores de crecimiento... en seres pluricelulares en complicados procesos de comunicación celular y transducción de señales.

Evolución. A diferencia de las estructuras inanimadas, los organismos unicelulares y pluricelulares evolucionan. Esto significa que hay cambios hereditarios (que ocurren a baja frecuencia en todas las células de modo regular) que pueden influir en la adaptación global de la célula o del organismo superior de modo positivo o negativo. El resultado de la evolución es la selección de aquellos organismos mejor adaptados a vivir en un medio particular.

De acuerdo a la información recibida en el proceso educativo; estas podrían ser las posibles respuestas de los estudiantes.

- obtiene energía y materia orgánica e inorgánica por medio de procesos químicos en el citoplasma, yendo así a favor de la entropía del mundo (degradando).

- se reproduce gracias a la información genética que hay en el núcleo que le permite copiarse.

Se relaciona con el medio externo por la membrana citoplasmática.

En este caso lo más seguro es que el estudiante haga referencia a que la célula funciona gracias a los diferentes orgánulos que posee en el citoplasma; además que dentro de su funcionamiento es importante y necesario oxígeno y diferentes nutrientes para expulsar los desechos, esta información corresponde a consultas hechas en diferentes libros en los cuales se trabaja para la educación secundaria.

FASE 3

1 ¿Cómo dibujarías el funcionamiento de la célula?

Desde esta perspectiva, se ha hecho necesario abordar el aprendizaje del concepto “célula”; es un concepto que se representa mentalmente de modos diversos que van desde los estructurales a otros modos de representación más complejos e integradores que responden de manera más veraz y fiel a lo que quieren representar (Rodríguez, 2000 b; Rodríguez, Marrero y Moreira,

2001). Esas representaciones se entienden básicamente como modelos mentales porque:

“El pensamiento acerca y en términos de una teoría necesita la construcción de modelos mentales. Mientras los conceptos científicos pueden ser codificados preposicionalmente, su comprensión implica interpretación, i.e., construcción de un modelo mental de las entidades o procesos que ellos representan. Así, lo que los filósofos han venido llamando “significado” y “referencia” (i.e., ínter juego entre palabras, mentes y mundo) es, en esta visión, mediado por la construcción de modelos mentales que relacionan el mundo de maneras específicas”.⁴

El fin del presente trabajo era llevar a cabo una aproximación al concepto de célula usando para ello la teoría cognitiva que intentan dar cuenta del complejo funcionamiento de la mente humana, como es la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson Laird (1983).⁵

En esta parte de la elaboración grafica lo más probable era que el estudiante presentara la dificultad para poder plasmar el funcionamiento ya que este es algo de difícil manejo y representación. Por lo tanto una manera de hacerlo sería con la utilización de una analogía que corresponda correctamente a establecer cada uno de los procesos que ocurren allí dentro de la célula, donde tengan en cuenta todo el contenido celular porque cada uno de sus componentes tiene funciones específicas para desarrollar dentro de ella y así lograr un funcionamiento adecuado, (respiración, absorción de agua y nutrientes crecimiento, excreción, reproducción, y en fin todos los procesos metabólicos).

⁴ NERSESIAN, ¿ Como pensar como científico? Capturando las Dinámicas Conceptuales del cambio en la ciencia : Modelos Cognitivos de ciencia

⁵ JOHNSON-LAIRD, Modelos mentales en ciencia cognitiva. En Norman, D. Perspectivas de la ciencia cognitiva. Cognición y desarrollo humano.

También interesa conocer si esta imagen supone la exposición pública quizá inconsciente de una manera de pensar sobre el funcionamiento de la célula. El asunto tiene gran importancia al ser este esquema considerablemente didáctico y aparecer en los libros de texto de todos los niveles, desde el bachillerato hasta la Universidad. Su uso impone en el aprendizaje de los alumnos una forma concreta de ver la estructura y función de la célula. Su aprehensión dificultaría la comprensión de algunos de los sistemas celulares que no son evidentes en estas figuras.

Para esto era importante saber si el estudiante podía visualizar el comportamiento celular en la forma grafica, si se favorece también la comprensión del funcionamiento de la célula que es precisamente lo que dota de vida esta abstracta entidad

Habría que plantearse si estos diseños no estarán transmitiendo un modo de conceptualizar la célula que ni tan siquiera sea el que se acepta desde la investigación de vanguardia en el área de conocimiento que nos ocupa (Rodríguez, 2002). Hemos de tener en cuenta que el contenido relativo a la Biología Celular se está ampliando con gran rapidez y que eso obliga a su revisión por parte del profesorado, de manera que como docentes se actualice la imagen de célula que se tiene; hemos de considerar también que aun a pesar de esas nuevas informaciones, cada uno parte de la visión de célula que asimiló en sus estudios (Angulo, 2000).

Ese arquetipo puede estar actuando como obstáculo en la comprensión del alumnado; se está transmitiendo un único patrón, un esquema que atiende básicamente a aspectos anatómicos y eso se hace de algo, una realidad que a los estudiantes les resulta sumamente abstracta y compleja, una entidad que no “ven” en la vida diaria. Son estos diseños los que presentan los libros de texto de la enseñanza no universitaria y, en un afán por ejercer un papel didáctico en el proceso de aprendizaje, quizás, como se expresó, estén

resultando contraproducentes en la medida en que influyen la visualización individual y, por tanto, en la forma de representar la célula. La interpretación de esos diseños y dibujos por parte del alumnado no es, pues, una cuestión trivial sino, más bien, un problema añadido en la conceptualización de célula como concepto. De hecho, se observan problemas relativos a la interpretación de gráficos, se detectan problemas de apreciación de las dimensiones celulares, se muestran ideas bastante alejadas de la composición celular de los seres vivos y una percepción muy pobre del contenido celular (Díaz y Jiménez, 1993); no se tiene una representación mental clara de la célula y no se correlacionan sus funciones con las de los organismos pluricelulares (Caballer y Giménez, 1992, 1993); esas representaciones mentales reflejan una concepción “huevo frito” de célula, con una estructura basada en anillos concéntricos en los que se sitúan algunos elementos organulares (Díaz y Jiménez, 1993, 1996).

Todo ello muestra un panorama del aprendizaje desarrollado sobre la célula bastante limitado y parece indicar que los esquemas y diseños manejados en dichos procesos tienen una El estudiante como es lógico contestará que su funcionamiento es de difícil representación debido a que hay que tener muchas cosas en cuenta, básicamente su funcionamiento y que podría ser semejante al de un taller o fábrica, una construcción de un edificio donde hay muchas personas las cuales cada uno tiene que desarrollar una labor específica.

2 Se dice que la célula es la unidad funcional y estructural de los seres vivos. Explique que significa.

Este tipo de dificultades concretas se reduce ostensiblemente durante el Bachillerato, pero en su núcleo existe un problema de fondo que sí subsiste durante las últimas etapas preuniversitarias y probablemente incluso más

tarde: la integración adecuada del nivel molecular en el nivel celular o, dicho de otro modo, la comprensión de la naturaleza molecular de la célula desde un punto de vista estructural y funcional. Se trata de una cuestión compleja tanto en sus causas como en sus soluciones.

Una de las primeras dificultades reside en la falta de comprensión de algunos conceptos básicos que deberían haber sido aprendidos en etapas anteriores, pero que con frecuencia no lo han sido realmente de una forma operativa. Para una parte considerable de alumnos de 2º de Bachillerato palabras tales como átomo, molécula, partícula o sustancia equivalen, en la práctica, a términos parcialmente sinónimos ya que suelen emplearlos casi indistintamente para referirse a todo tipo de objetos microscópicos. Este problema imposibilita al alumno para clasificar de una forma significativa la gran cantidad de componentes moleculares o supramoleculares que pueden citarse a lo largo de la asignatura. En términos generales puede decirse que la delimitación entre distintos niveles de organización microscópicos es confusa para algunos estudiantes de Bachillerato ya que, en la práctica, no poseen los conceptos clave para tal fin. Y así, no es extraño que las enzimas sean catalogadas como células, o los glóbulos rojos o las mitocondrias como moléculas.

En muchas ocasiones, el problema se ve agravado por la falta de referencias a la escala en los dibujos, fotografías o esquemas que se presentan al alumno en los libros o durante las exposiciones de clase.

Pero además hay otra cuestión más sutil. Para casi todos los alumnos que comienzan el Bachillerato, el concepto de vida se mantiene siempre como algo intangible que existe al margen de lo que puede ser estudiado en clase sobre los seres vivos. Estos alumnos asumen de una forma implícita un concepto intuitivo de principio o fuerza vital que recuerda, de forma llamativa,

las ideas históricas sobre este aspecto, durante el debate de la generación espontánea.

Hasta que llegan al Bachillerato, y a pesar de que las células y las moléculas comienzan a estudiarse desde la enseñanza de la básica primaria., los alumnos piensan que, más allá de toda la compleja estructura de órganos y mecanismos funcionales de un ser vivo, existe una fuerza que anima toda esa organización. Cuando, durante el Bachillerato, se profundiza progresivamente en los niveles moleculares del fenómeno de la vida, a muchos alumnos les resulta difícil asumir que las interacciones entre moléculas, el mismo fenómeno que han estudiado en procesos no relacionados con los seres vivos, constituyen la naturaleza de ese principio “misterioso” que ellos consideran la vida. Esta estructura previa de conocimientos de los alumnos dificulta la transposición e integración de los aprendizajes de aspectos moleculares en el concepto global de célula.

Este tema requiere, no solo el conocimiento de la existencia de células en todos los seres vivos, sino también la comprensión del concepto de unidad independientemente del ámbito biológico como mínima expresión de un determinado sistema, que cumple con características únicas dentro de la misma célula pero que no anula la diversidad.

10. ANALISIS DE RESULTADOS

Los cuestionarios utilizados tenían como propósito indagar que conocimientos poseen los estudiantes del grado décimo (10-01) del Colegio INEM acerca del concepto célula.

En esta investigación se consideró como parte importante el hallazgo la detección y tipificación de cuatro modelos mentales de célula diferentes generados como representaciones en las mentes de estos jóvenes. Se insiste en que son modelos que se infieren de sus producciones, ya que se trata de representaciones internas. Estos modelos mentales se caracterizan de la siguiente manera:

- **Modelo mental A:** construcción de un modelo de estructura celular pero no de funcionamiento. Imagen única y estática. No establecimiento de inferencias ni deducciones entre estructuras y funcionamiento.

- **Modelo mental B:** construcción de un modelo de estructura de la célula y otro de su funcionamiento, ambos independientes, o sea, un modelo dual. Imagen estática. Establecimiento de pocas y pobres inferencias y deducciones entre estructura y funcionamiento.

- **Modelo mental C:** construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento de la célula. Establecimiento de inferencias y deducciones elaboradas entre estructuras y procesos. Causalidad. No uso o no generación de imágenes o, en caso de generarlas, éstas son estáticas.

- **Modelo mental D:** construcción de un modelo integrado estructura/funcionamiento de la célula. Establecimiento de inferencias y deducciones elaboradas entre estructuras y procesos. Causalidad. Imagen dinámica-compleja y/o uso de varias imágenes.

La correspondencia de los modelos mentales con lo que se deriva del análisis de los materiales recopilados se hizo después de obtener los resultados de los cuestionarios, una vez que se llevaron a cabo varias aproximaciones al material obtenido. En lo que se refiere a los diseños y dibujos; se han tenido en cuenta como criterios la naturaleza de los diseños, el proceso plasmado con las estructuras y su complejidad, definiéndose las categorías relativas a cada uno de ellos.

Nos encontramos ante un proceso interpretativo, con el fin de buscar explicaciones sobre los modos de pensar y construir los modelos mentales

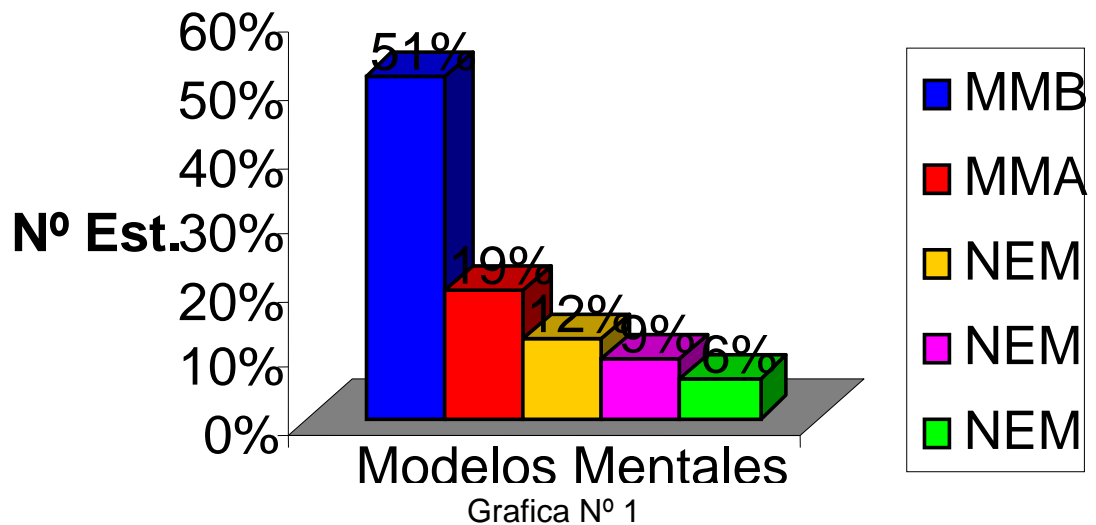
de célula que tienen los alumnos, es decir, su forma de conceptualizarla su manera de percibirla y concebirla

A continuación se presentan las interpretaciones que se han obtenido en esas treinta y un producciones de los estudiantes como resultados en diferentes porcentajes, y en este sentido, las interpretaciones consistentes en los modelos mentales sobre la forma en que estos alumnos interpretan la célula.

RESULTADOS Y ANALISIS CUESTIONARIO 1 MODELOS MENTALES CONCEPTO CELULA

1. ¿Qué es célula?	Número de estudiantes	porcentaje %
Estructura o función	6	51%
Estructura	6	19%
Clasificación	4	12%
Origen de la vida	3	9%
Cavidad anatómica	2	6%

Tabla N° 1



MMB: Modelo Mental B

MMA: Modelo Mental A

NEM: No Establece Modelo Mental

En la primera pregunta del cuestionario realizado a los **31** estudiantes del grado 10-01 (INEM), el **51 %** de los estudiantes encuestados sólo hacen referencia a la estructura o a la función celular solamente, sin añadir la importancia que tiene la célula como entidad que determina la estructura y funcionamiento de todo el mundo vivo.

Una respuesta que aparece reiteradamente acerca de la estructura celular es: *“la célula es la mínima unidad estructural del ser humano o del ser vivo”*. Esta es una idea muy simple donde el estudiante repite mecánicamente una frase que, como se muestra, no es más que una pobre definición. Esta pobreza se evidencia o manifiesta, fundamentalmente en términos de argumentos, donde el estudiante no relaciona la complejidad y diversidad de funciones que cumple la célula.

También aparece reiteradamente dentro del **51%** de los estudiantes encuestados quienes hablan de funcionalidad y complejidad celular así: *“la célula es una de las partes más importantes que tiene nuestro organismo para poder procrear, percibir, construir nuestros tejidos, sentir enfermedades...”* Esta respuesta es la que mas se acerca al pensamiento complejo porque se puede evidenciar que el estudiante hace referencia a una explicación más global Incorporado e integrado en la misma diferentes procesos que intervienen dentro de la célula.

Esta categoría se encuentra dentro de un **Modelo Mental B o dual (MMB)**, según el cual se piensa la célula o bien en su estructura o bien en su funcionamiento pero sin integración.

El **19%** de los estudiantes hacen referencia únicamente a la estructura celular, donde se puede observar que siguen manteniendo un esquema de repetición mecánica donde no tiene una capacidad explicativa de asignarle la importancia del funcionamiento en un todo integrador.

Este porcentaje nos indica que 6 estudiantes relacionan la célula como un contorno que le hace mantener su forma sin tener en cuenta sus componentes internos y la función que cumple cada una de ellos.

Como ejemplo se puede citar la respuesta dada por un estudiante: *“la célula es una de las estructuras mas diminutas y las encontramos en todas las partes de nuestro cuerpo”*. En esta respuesta, vemos que efectivamente el estudiante recuerda, recupera información pero que está referida a la estructura celular solamente, no haciendo referencia a nada relativo a su funcionamiento.

Esta respuesta corresponde al **Modelo Mental A (MMA)** que se refiere únicamente a la estructura celular. Olvidando que la célula también efectúa procesos metabólicos y funcionales.

Se observa que el **12%** de los estudiantes se referían en sus respuestas a la clasificación de la célula en animal y vegetal, esto nos indicaba que 4 estudiantes tenían esta conceptualización limitada a estas dos clasificaciones.

Como muestra la siguiente respuesta: *“la célula es el cuerpo más pequeño de los vertebrados. Hay diferentes clases de células: animal y vegetal. La animal. El ser humano, animales. Vegetal: las plantas”*. Aquí se puede observar que el estudiante responde en forma de frases cortas, sueltas y aisladas donde involucra solo tamaño y diferencias entre dos células (animal y vegetal), sin referirse a la complejidad de la estructura y el funcionamiento. No muestra argumentos que vayan hilvanados en función de un hilo conductor claro, estas respuestas parecen responder a un discurso que se relaciona a un procesamiento de la información recibida y estudiada que permite el establecimiento de inferencias simplemente sin que se pueda leer la idea en un párrafo coherente.

Esta respuesta no se podía dentro de los modelos mentales porque los estudiantes solo hacen una clasificación sin responder a la pregunta planteada.

Encontramos que el **9%** de los estudiantes hacían referencia a la célula como el inicio de la vida. La siguiente respuesta muestra un ejemplo de ello: *“la célula es el primer eslabón en la escala zoológica, es la esencia de la vida, es la mínima parte de un ser orgánico”*. En esta respuesta, dejan en claro una postura evolucionista, sin referirse en ningún momento a lo que

incide lo relacionado a la célula como un todo, como un organismo capaz de realizar procesos metabólicos (respiración, nutrición, reproducción, excreción, etc.)

El 6% de los estudiantes en sus respuestas hacían referencia a la célula como una cavidad anatómica como se ejemplifica a continuación: “*la célula es una pequeña celda o cavidad anatómica primordial de todos los seres vivos*”. Frente a esta respuesta, nuevamente nos encontrábamos ante una frase que no muestra que se haga referencia a una explicación más global en cuanto al concepto de célula debiera referirse. Aquí mostraban una idea del aspecto celular un poco alejada de la realidad, no conociéndose el aspecto, la forma y las estructuras celulares y observándose una percepción del contenido celular bastante pobre.

Los porcentajes restantes, equivalentes al 12%, 9% y 6% (**NEM**) no logran establecer dentro de los modelos mentales ya que las respuestas obtenidas no estaban enfocadas directa y concretamente a estructura y funcionamiento celular.

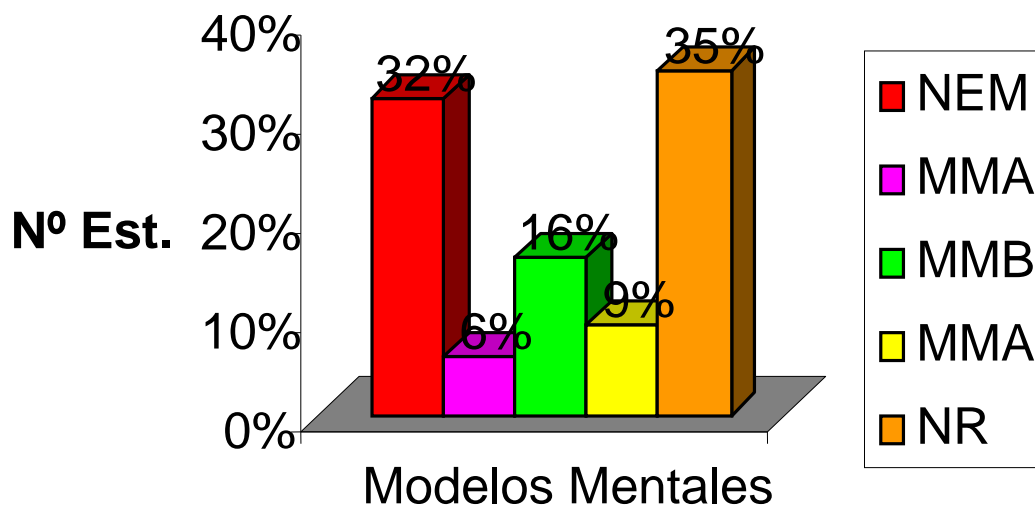
En conclusión, se puede notar que los alumnos no poseen suficiente conocimiento para dar explicación a la complejidad relativa que tiene la célula en cuanto a estructura y todo el funcionamiento que se cumple dentro de ella como el metabolismo.

Efectivamente, en esos modos de entender la célula se encontraron coincidencias con las posibles respuestas que se esperaban de las cuales se puede deducir que el estudiante no logra hacer la relación de estructura y funcionamiento celular ni tampoco se refiere a la complejidad de todo lo que sucede dentro de ella, es decir, solo pueden acceder al modelo mental **A** que

implica que el modo del estudiante pensar la célula es reflejarla solo en su estructura.

2. ¿te parece importante el estudio de la célula?	Número de estudiantes	porcentaje %
Importante por avances en la ciencia.	10	32%
Para conocer más acerca de la estructura.	2	6%
Conocer acerca del funcionamiento.	5	16%
componente del ser vivo	3	9%
no responden	11	35%

Tabla N° 2



Gráfica N2

Se puede observar que dentro de la segunda pregunta del cuestionario de 31 estudiantes encuestados el **32%** contestaron que el estudio de la célula es importante porque con ella se alcanzan avances en la ciencia para poder solucionar enfermedades y para lograr descubrimientos e inventos como la clonación. Un ejemplo claro es la siguiente respuesta: *“claro que si porque de esa forma cada día avanzaremos más en la ciencia, habrán mas descubrimientos e inventos como los de hoy en día como lo es la clonación, los trasplantes y cientos de procesos importantes para la humanidad”*. Como se evidencia en esta respuesta de un estudiante que hace referencia a la célula como parte primordial en descubrimientos y como la encargada de aportar en los avances científicos dando ejemplos de investigaciones macroscopicas desde el punto de vista microscópico, por lo tanto No Establece Modelo Mental (**NEM**).

El **6%** de los estudiantes se referían a la estructura solamente. Describen que mediante el estudio de la célula se puede conocer mucho más acerca de

la estructura y sus distintos aspectos. El siguiente es un claro ejemplo: *“considero que el estudio de la célula es importante porque con el nos podemos dar cuenta de su estructura, conocerla es fundamental”*. En esta respuesta el estudiante menciona la importancia refiriéndose a la estructura celular únicamente, sin referirse a la composición global que la célula posee y que le permite su funcionamiento. Su conceptualización no parece suficiente como para dotarla de poder o capacidad explicativa y predictiva relativa al funcionamiento de la célula. Esta categoría pertenece al **Modelo Mental A (MMA)**

El **16%** de los estudiantes encuestados justifican que el estudio de la célula es importante para conocer como es su funcionamiento. Un ejemplo de esto es la siguiente respuesta: *“si es importante porque así se conoce como es el funcionamiento de la célula”*. Es de anotar que en esta respuesta el estudiante solo maneja el concepto de célula donde solo prima una representación del componente funcional sin tener en cuenta, que dentro de la célula se cumplen unos mecanismos metabólicos y vitales y de allí la gran importancia que de la célula se originan los seres vivos. Esta categoría se encuentra dentro del **Modelo Mental B**. Estos alumnos, como muestran los datos, no parecen pensar más que una célula muy pobre que visualizan también del mismo modo, es decir hacen solo una construcción simple y pobre de la importancia de estudiar la célula siendo esta la base para el desarrollo de la vida.

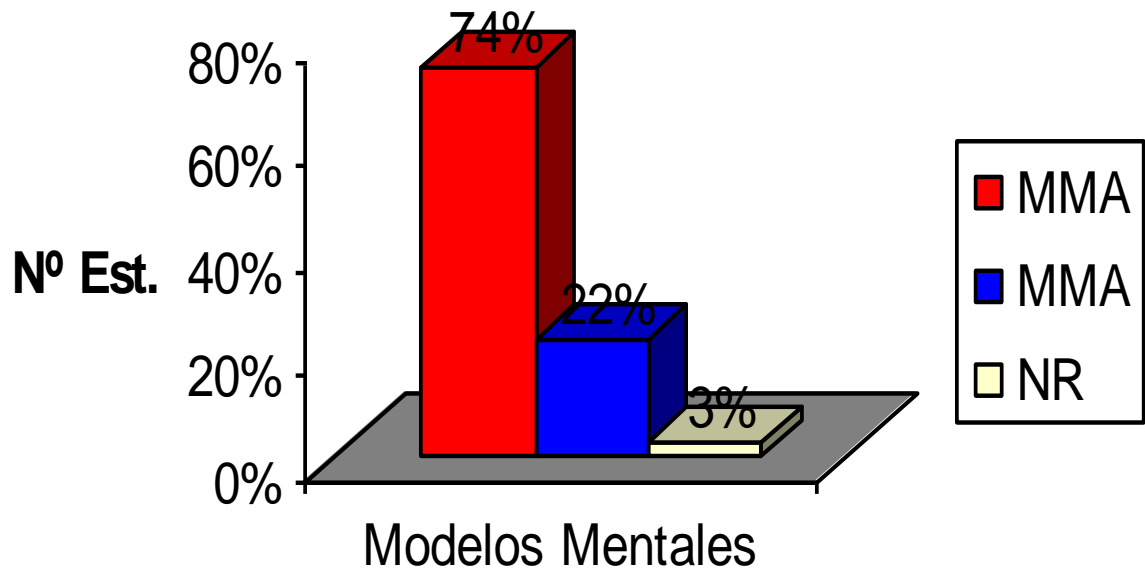
Se observa que el **9%** de los estudiantes hacían referencia de la importancia de la célula como un componente del ser vivo. Así: *“me parece importante el estudio de la célula porque es el componente de todo ser vivo”*. Se observa que el estudiante no visualiza todo el comportamiento celular, su funcionamiento y la relación que existe dentro de todos los procesos que la célula realiza en su interior, no hay una verdadera integración de todo el

contenido celular. De esta forma se puede deducir como cada estudiante va grabando en su mente únicamente ciertos esquemas donde solo asimilan cierta información pero no se logra la conceptualización de toda la representación interna de todo lo que representa la célula en cuanto a materia viva se habla. Esta respuesta se encuentra dentro del **Modelo Mental A**, ya que coincide con lo establecido por este modelo al referirse al componente del ser vivo hace referencia únicamente a la parte estructural de la célula.

El **35%** de los estudiantes no respondieron (**NR**) a la pregunta realizada. Esta situación puede corresponder al desconocimiento por parte del estudiante de la importancia de todos los procesos metabólicos y estructurales que cumple la célula y lo vital en el estudio de las ciencias para el desarrollo de cualquier ser vivo.

3 ¿Cómo puedes representar una célula?	Número de estudiantes	Porcentaje
A. imagen plana	23	74%
B imagen tridimensional	7	22%
C. no responde	1	3%

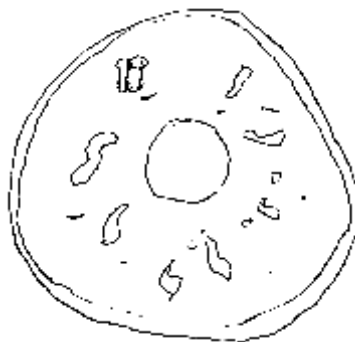
Tabla N° 3



Gráfica N° 3

En esta pregunta se observó que un alto porcentaje equivalente al **74%** de los estudiantes encuestados hicieron la representación de una imagen de célula plana, como se muestra a continuación en la imagen representada por un estudiante.

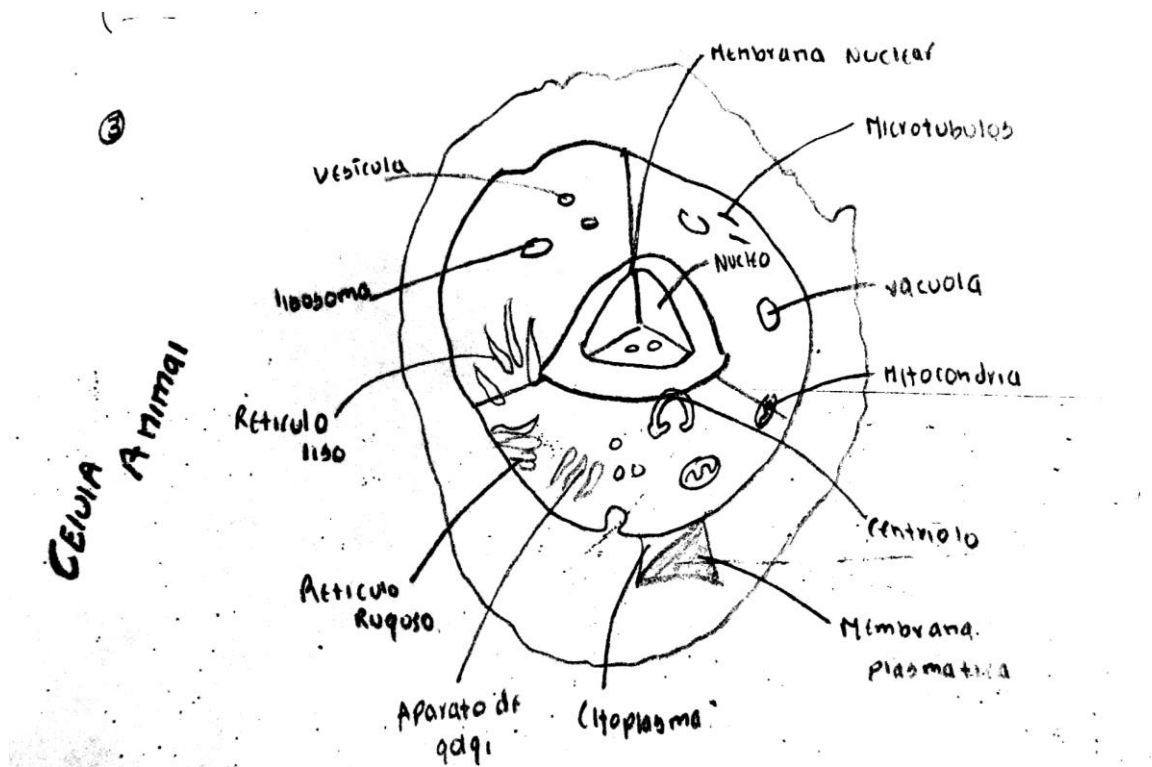
Célula plana



Producción Gráfica 1

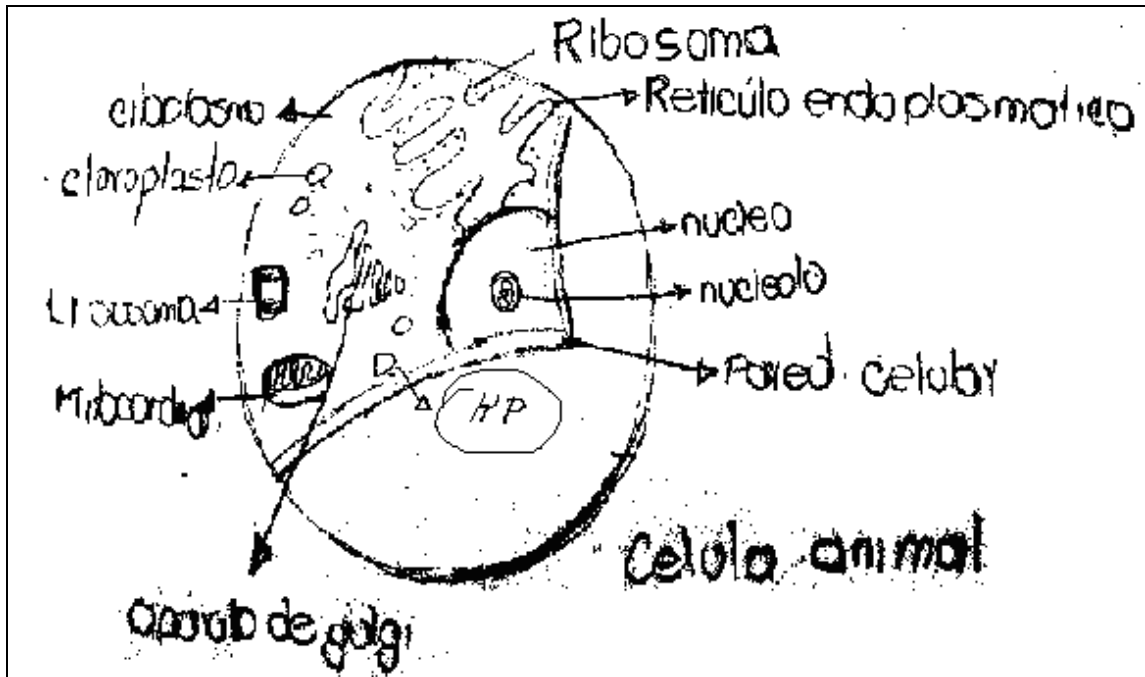
Como se puede observar es una imagen pobre, plana, estática muy limitada donde no se hace inferencia a estructura y función, se observa que plasmó algunas aparentes estructuras celulares más no pareció tener claro el establecer relaciones entre ellas, así como tampoco relacionó las funciones que realizan, además no tenía una representación de la célula en forma tridimensional. Por lo tanto esta imagen representada por el alumno muestra un esquema prototípico de la forma redondeada con algunos orgánulos simples acordes con los que se presentan en los libros de texto, estos diseños pudieron estar ejerciendo un papel negativo en el proceso de conceptualización, ya que es la “imagen” plana, estática con la que se quedaron. Estos veintitrés estudiantes mostraron gráficos coincidentes con **Modelos Mentales A**, es decir, librescos, con identificación solamente y simples-estáticos.

El **22%** de los estudiantes encuestados hacían referencia de la célula en forma tridimensional. Parece que algunos tienen otros modos de pensarla (tridimensional), dándole volumen y plasmando dentro de ella algunos orgánulos con sus respectivos nombres, más no hicieron la relación entre el funcionamiento que se producen en ellos.



Producción Gráfica 2

Dentro de esta categoría se encuentra que 3 estudiantes presentaron dificultad al asignarle características propias de una clase de célula a la otra como ejemplo está que a la célula animal le asignaron elementos propios de la vegetal como son: cloroplastos y pared celular, no tienen claridad en lo que diferencia las dos clases de célula. Correspondió a un **Modelo Mental A**, donde se pudo observar solo una pobre estructura sin establecer inferencias acerca de ella.

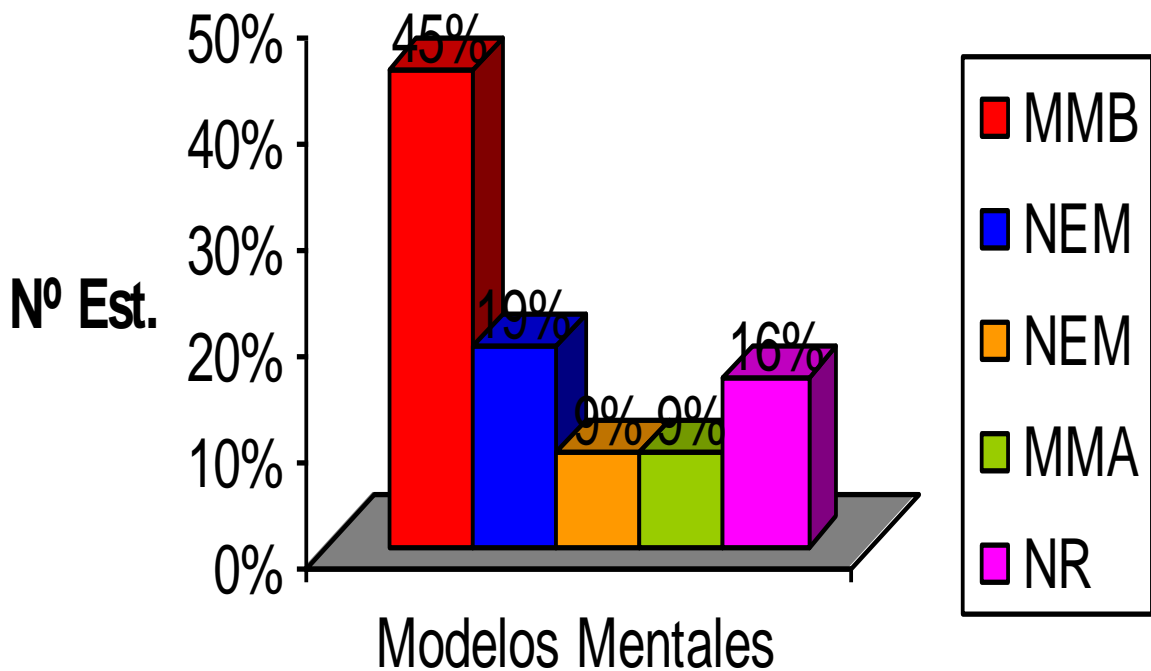


Producción Gráfica N° 3

El 3% de los encuestados que equivalía a 1 estudiante no hizo ninguna clase de representación gráfica, ya sea porque no poseía una imagen clara en su mente o porque no supo plasmarla, es decir, que el estudiante en este momento no recupero la información y por lo tanto no logró dibujarla.

¿Escribe una frase que represente la célula?	Número de estudiantes	Porcentaje
Unidad funcional de los Seres vivos.	14	45%
parte mínima de un ser vivo	6	19%
Fuente de energía	3	9%
Estructura de un ser vivo	3	9%
No responden	5	16%

Tabla N° 4



Gráfica N° 4

En esta pregunta se observó que un porcentaje del **45%** señalaron a la célula como unidad funcional de todos los seres vivos. La siguiente respuesta es un ejemplo claro de ello: *“la célula es la mínima unidad funcional de todos los seres vivos”*. Esto hizo más evidente que el alumno responde con conceptos que se han incorporado desde la escuela, muestra ciertas dificultades al momento de involucrar en su respuesta elementos tan importantes como son: estructura y función y como es la relación entre ellos en su interior. Esta respuesta se encuentra dentro de un **Modelo Mental B**, donde solo le dan importancia al funcionamiento celular sin relacionarlo con la estructura.

Un **19%** de estudiantes representó la célula como una parte mínima de un ser vivo. Como se muestra a continuación: *“la célula, la mínima parte de todo*

ser vivo”. Como se puede evidenciar, los estudiantes siguen utilizando frases muy cortas para referirse a un concepto tan complejo como lo es el de la célula, no construyen un párrafo donde se hilvanen diferentes aspectos referidos a la célula como lo es su metabolismo, la estructura y la función.

Se encuentra el **9%**, equivalente a 3 estudiantes, que se referían a la célula en términos de un sistema de fuente energética como lo muestra la siguiente respuesta planteada por un estudiante: *“la célula es una fuente energética vital para nuestra vida.”* Se puede observar en esta respuesta que el estudiante no alcanza a percibir la importancia que tiene la célula dentro de un organismo ya que por ser vital cada organulo que la compone cumple con funciones específicas. Por otro lado se muestra ausencia de comprensión, fundamentalmente referida al comportamiento celular, a través de frases sueltas, que son de repeticiones mecánicas adquiridas en el proceso a través de su escolaridad, aquí aparentemente se ve la incapacidad para atribuir significados consistentes a las entidades y procesos celulares como lo son lo vital, lo fisiológico, la parte morfológica, y la genética.

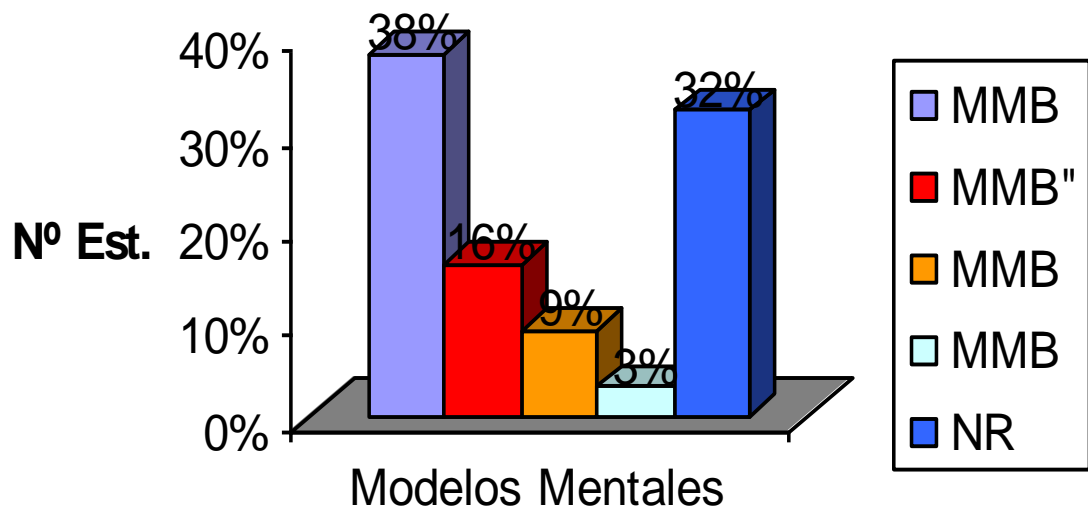
El **9%** equivalente a 3 estudiantes se refieren a la célula como la parte estructural de un ser vivo. Ejemplo: *“la célula es la parte estructural de un ser vivo”*. Esta frase muestra claramente que el estudiante solo registra la célula como la parte estructural, sin reconocer que la célula cumple con unas determinadas funciones que complementan todo el proceso biológico. Se pudo establecer que esta respuesta se encuentra dentro del **Modelo Mental A**, porque solo hace referencia de la célula como parte estructural.

El **16%** equivalente a **5** estudiantes que no responden a esta pregunta ya sea porque no comprendieron lo que se les pedía o porque no recordaban en ese momento la respuesta más acertada.

Los porcentajes restantes, equivalentes al 9% y 9% no se pudieron establecer dentro de los modelos mentales ya que las respuestas obtenidas no estaban enfocadas directa y concretamente a estructura y funcionamiento celular o también porque no recordaron en ese momento la respuesta mas acertada.

5. ¿explica con tus palabras como funciona la célula?	Número de estudiantes	Porcentaje %
Reproducción	12	38%
Organelos	5	16%
Formación de tejidos.	3	9%
Fabrica	1	3%
No responden	10	32%

Tabla Nº 5



Gráfica Nº 5

En esta pregunta se pudo evidenciar que el **38%** de los estudiantes, equivalente a **12** alumnos, hacen referencia a la célula como la responsable de la reproducción de los seres vivos como se muestra a continuación: *“la célula funciona y sirve para reproducir tejidos y para la reproducción”*. Es evidente que en esta respuesta el estudiante no le atribuía ninguna otra facultad a esta entidad tan compleja, parece que para él la función mas importante de la célula es la reproducción y no lo relaciona con ningún otro oficio que ella pueda desarrollar. Aquí se pudo percibir que hay un desconocimiento del nivel celular, de las transformaciones químicas en la célula y de la carencia de otras funciones vitales.

Se encuentra el **16%** correspondiente a **5** estudiantes que se refieren del funcionamiento de la célula como resultado de los procesos que se desarrollan dentro de la célula. A continuación se muestra un claro ejemplo: *“la pared celular protege a la célula, el citoplasma recubre toda la célula permitiendo protegerla y que floten los organismos dentro de esta, el núcleo ordena el funcionamiento y el nucleolo tiene una de las partes mas importantes, el ADN, el retículo endoplasmático permite la entrada de sustancias extrañas a las células”*. Se pudo notar que a pesar de identificar algunos organelos que son importantes dentro del funcionamiento celular no tenían una idea estructurada de los procesos celulares y del como se llevan a cabo, no hay una construcción de ideas coherentes ni de la interacción entre estructura y función, además no hubo una organización en cuanto a la información conceptual se refiere.

Se encuentra el **9%** equivalente a **3** estudiantes que se referían de la a la célula como formadora de tejidos sin atribuirle mas funciones. Ejemplo: *“la célula sirve para formar tejidos u órganos”* Esta respuesta es muy pobre, al parecer el estudiante no entendió la pregunta y por eso la razón de su respuesta. De ser otro el caso se noto que solo concibe la célula como

formadora de tejidos y de órganos, más no, la asume como un todo que a pesar de ser microscópico es complejo y dinámico y que esta dotado de multitud de organelos en donde se definen cantidad de actividades fisiológicas, estructurales, químicas y metabólicas.

El **3%** equivalente a **1** estudiante que se refirió al funcionamiento de la célula como el funcionamiento que se presenta en una fábrica. *“la célula funciona como una fábrica, por ejemplo: con gerentes y obreros, es decir, sus partes tienen que estar en continua comunicación”*. El estudiante tenía la idea de que la célula funciona como una fábrica en la cual debe haber un engranaje cierta jerarquía de procesos que es muy global y en la que hay poca interacción estructura/función. Es una analogía, y eso es importante en términos de representación, pero lo es con el establecimiento de pocas inferencias y deducciones que sean biológicamente válidas.

Los porcentajes equivalentes al **38%, 16%, 9% y 3%**, corresponden al **modelo mental B**, ya que todas de alguna manera hacen referencia solo al funcionamiento celular sin referirse a la estructura.

Se encuentra el **32%** equivalente a 10 estudiantes que no respondieron a la pregunta tal vez porque no la entendieron o porque no conocían una explicación que se pudiera dar desde la ciencia que lograra sustentar el funcionamiento celular, esto da claridad de que el estudiante no posee los suficientes conocimientos de todo el engranaje que puede suceder dentro de la célula.

De acuerdo a los datos aportados por los estudiantes se logró observar a simple vista que actúan de un modo invariante, y que lo que nos entregaron es, por tanto, producto del manejo de un mismo modelo, en el cual actúan de distinta forma cuando trata la estructura y cuando trata el Funcionamiento; cuando genéricamente se le pide que represente una célula, él plasma sólo

su estructura y lo hace de un modo extraordinariamente similar y estable como lo han aprendido en el transcurso del proceso educativo.

La misma coincidencia se observó cuando se le solicitó al estudiante que explicara el funcionamiento de la célula, a pesar de que identifican algunos organelos que constituyen y son importantes dentro del funcionamiento celular no tienen una idea estructurada de los procesos celulares y del como se llevan a cabo, no hay una construcción de ideas coherentes ni de la interacción entre estructura y función, además no hay una organización en cuanto a la información conceptual se refiere.

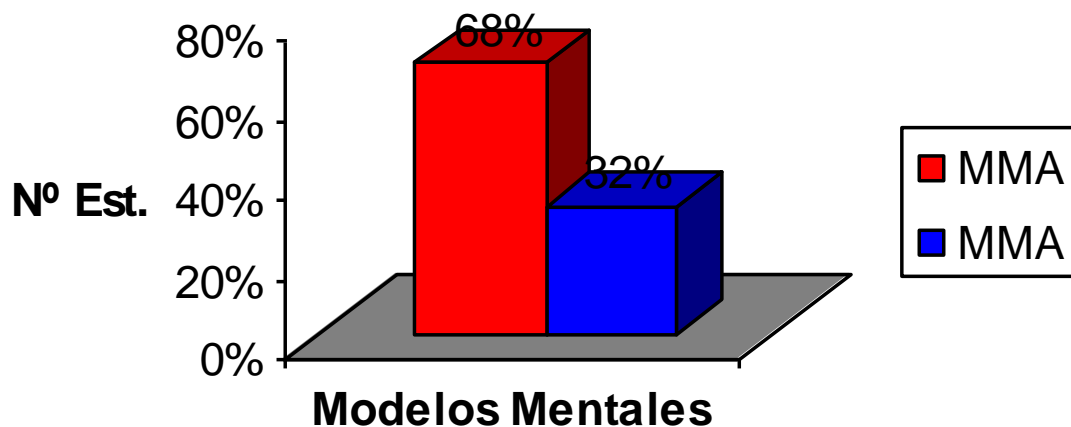
Se observó en los dibujos que realizaron, que el uso de imágenes celulares en su estructura cognitiva es muy limitado y que se plasma básicamente la célula que reflejan los materiales básicos educativos con los que han trabajado en el transcurso de los años escolares.

Se pudo establecer, que para estos estudiantes el concepto célula ha sido un concepto escolar de difícil comprensión en sus procesos de aprendizaje, porque no lograban plasmar en sus gráficos y en sus producciones estructura y funcionamiento.

RESULTADOS Y ANALISIS CUESTIONARIO 2 MODELOS MENTALES CONCEPTO CELULA

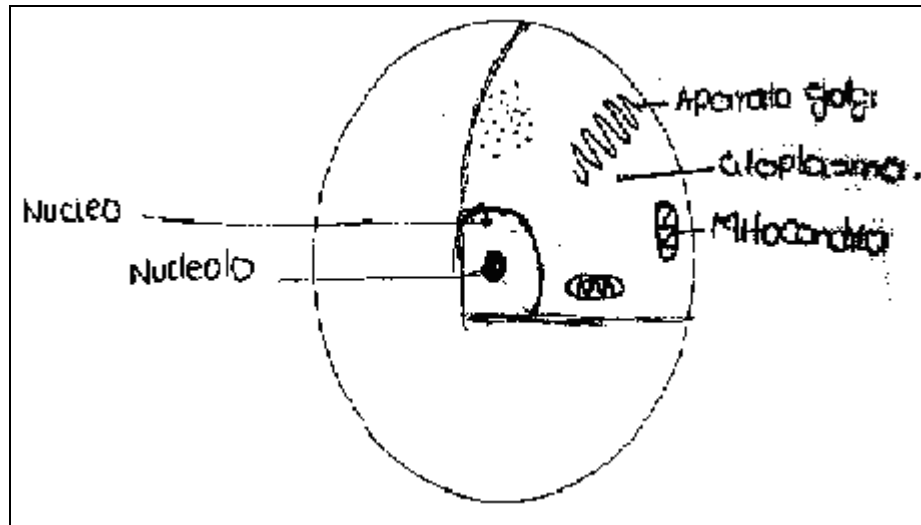
1. ¿Si la siguiente grafica representa el contorno de una célula que colocarías dentro?	Número de Estudiantes	Porcentaje
tridimensional (con pocos organelos)	21	68%
plana (con pocos organelos)	10	32%

Tabla Nº 6



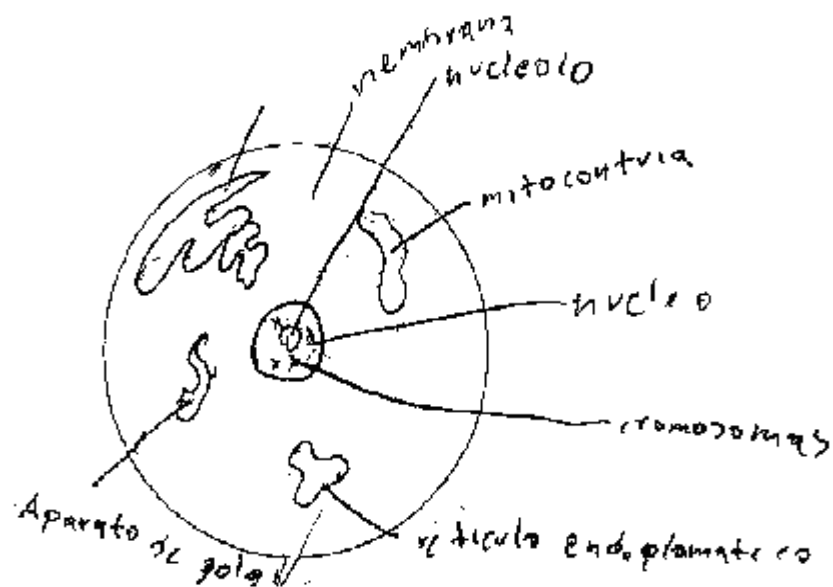
Gráfica Nº 6

El **68%** equivalente a **21** estudiantes, dibujaron la célula de forma tridimensional graficando e identificando algunos aparentes organulos de manera muy pobre sin establecer relaciones entre ellas,, así como tampoco relaciona las funciones que realizan; su dibujo es muy simple y responde a los habituales de los libros de texto. Esta categoría sen encuentra dentro de un **Modelo Mental A.**



Producción Gráfica de Célula N° 4

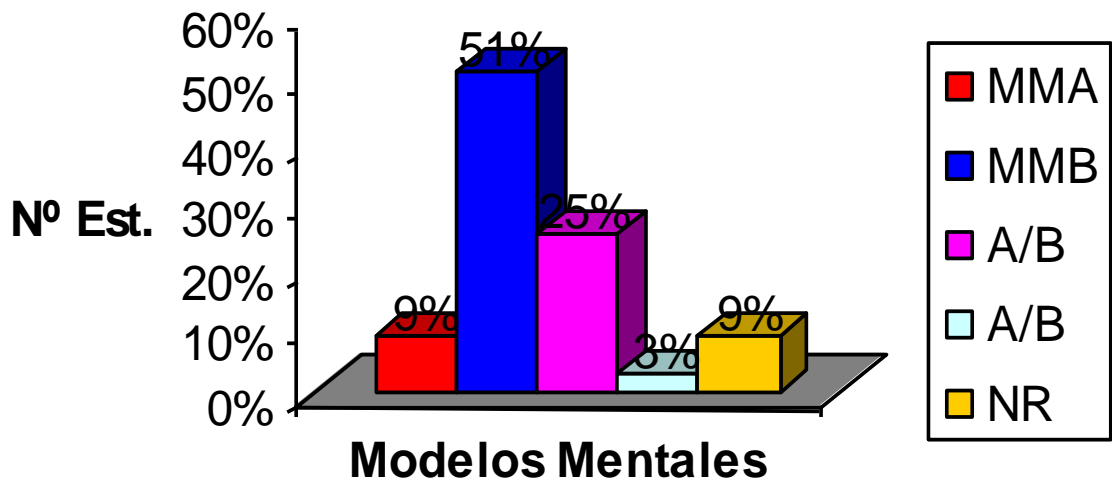
El **32%** que equivale a 10 estudiantes plasmo la célula la célula de forma plana haciendo evidente que el estudiante conserva en su mente el modelo de célula habitual, es la percepción que el ha ejercido o que vio desde la escolarización. Sin olvidar que mediante el proceso de aprendizaje educativo se ha ido profundizando en el tema él no ha logrado construir un modelo de célula más acertado dentro del estudio de la biología, a pesar que hace inferencia acerca de algunos de los aparentes organelos tampoco logra establecer relación entre ellos. **Modelo Mental A**, porque a pesar de la forma de plasmarla no hace inferencia relacionando lo complejo en su estructura y funcionamiento y menos de metabolismo.



Producción Gráfica de Célula N° 5

2.¿Aprovecha este espacio Para explicar el funcionamiento Que tu crees que tiene Célula?	Número de estudiantes	Porcentaje
Utilización de una analogía	3	9%
la función es de reproducción y de Crear tejidos	16	51%
. La célula funciona gracias al: Núcleo, mitocondrias, membrana celular, vacuola ribosomas	8	25%
unidad anatómica y fisiológica	1	3%
No responden	3	9%

Tabla N° 7



Gráfica Nº 7

El 9% de los estudiantes respondieron a la pregunta utilizando una analogía de una fábrica como se señala a continuación: *“el funcionamiento de la célula se puede explicar de una forma sencilla: se asemeja a una diminuta fábrica o empresa donde el gerente de la empresa se representaría por el núcleo las paredes externas se asemejan en la membrana celular, los camiones transportadores de productos, serían los ribosomas, el retículo endoplasmático se asemeja a una gran entrada desde la pared externa hasta donde el gerente por aquí se transportan alimentos y otras sustancias.* Al utilizar una analogía en esta respuesta el estudiante nombra algunos de los organelos que componen la célula con algunas de sus funciones, pero se pudo observar que hay poca interacción entre estructura y función, no hace referencia como lo planteamos en el objetivo al hacer esta pregunta donde se puede decir que el proceso de organización depende de la acción incorporada y coordinada de todos los organelos y por intermedio de la regulación de procesos que suceden dentro del núcleo, el estudiante en esta parte tampoco hace referencia a la nutrición, al crecimiento y a todas las funciones que ocurren dentro de ella.

Esta respuesta deja en claro que el estudiante contesto de acuerdo a las actividades con las que el ha trabajado en el proceso educativo. Muchas veces en el aula escolar se utilizan esta clase de estrategias como las analogías, en este caso específico de la célula, para acercarse o hacer una aproximación analógica a la realidad, ya que por ser la célula algo intangible es la analogía la manera de poder acercarse o imaginársela debido al funcionamiento que posee una fábrica el cual se puede comparar con el de la célula.

También esta respuesta la da el estudiante debido a que es la más usual en los libros de texto utilizados en el proceso académico.

Este es el esquema que el estudiante ha adquirido desde su cognición donde guarda en la mente una célula “con poquitas cosas”; en su respuesta, manifiesta una estructura celular muy libresca y pobre en la que no aplica dicha analogía; las dos partes de la respuesta son claramente diferenciadas, no mostrando nada en común. Esta respuesta corresponde al **modelo mental A**.

El **51%** de los estudiantes equivalente a **16** estudiantes es un porcentaje muy alto donde únicamente explicaron el funcionamiento de la célula la cual la única función es de reproducirse y crear nuevos tejidos para reemplazarlos. A continuación se cita una respuesta dada por un estudiante: *“la célula tiene como función reproducirse y crear nuevos tejidos permitiendo reemplazar los tejidos”*. Se observo un alto porcentaje en esta respuesta donde la única forma de entender la célula es como aquella que cumple con la función de reproducción y de regenerar tejidos pero no como la unidad vital que cumple internamente con unas funciones específicas relacionadas con todos los organulos. El estudiante en esta respuesta parece reconocer solamente dos procesos que se dan dentro de la célula como son:

reproducción y reconstrucción de tejidos por lo tanto se considera que esta categoría esta dentro del **modelo mental B**, donde se hace alusión al funcionamiento solamente.

El **25%** equivalente a que **8** estudiantes relacionaron el funcionamiento de la célula mencionando diferentes organulos así: *“el núcleo almacena el ADN, las mitocondrias almacenan energía, la membrana celular permite y califica el paso de sustancias al interior de la célula, la vacuola es el relleno sanitario de la célula, los ribosomas hacen la síntesis de proteínas”*. Como es de anotar en esta respuesta, el estudiante reconoce algunas funciones que se realizan dentro de la célula, pero no muestra coherencia a la hora de darle una interpretación secuencial a estos procesos, parece considerar que estos se desarrollan de manera independiente. Se pudo considerar esta categoría dentro de un **modelo mental intermedio A/B** porque no parecen pensar más que en una célula muy escasa de organelos y que la visualizan también de la misma manera, es decir con identificaciones muy simples y estáticas de la célula.

El **3%** equivalente a **1** estudiante que caracteriza a la célula en una unidad anatómica y fisiológica, así: *“la célula es considerada como la unidad anatómica y fisiológica de todo ser vivo”*. En esta respuesta el estudiante relaciona y selecciona la parte estructural y la parte fisiológica que posee la célula pero sin entrar a hacer un análisis profundo de lo que esto significa en el sentido complejo y global como lo es la composición, metabolismo y mucho menos se atreve a dar explicación o argumentar su refutación. Esta categoría corresponde a un modelo **Mental intermedio A/B**.

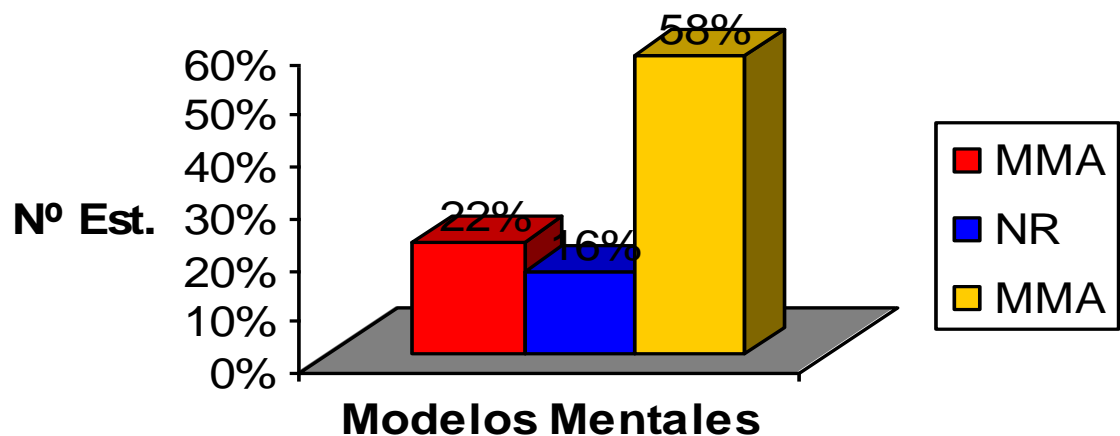
El **9%** que corresponde a **3** estudiantes que no respondieron a la pregunta, no se sabe si porque no la entendieron, o porque no sabían como argumentarla o por falta de conocimiento acerca del tema específicamente.

ANALISIS DE RESULTADOS CUESTIONARIO 3

Para este cuestionario solo contamos con la colaboración de 29 estudiantes ya que los otros 3 estudiantes ese día no asistieron a clase.

1. ¿Cómo dibujarías el funcionamiento de una célula?	Nº Estudiantes	Porcentaje
Dibujaron la célula como formadora de tejidos.	7	22%
no responden	5	16%
la dibujaron simulando forma tridimensional y asignándole organelos	17	58%

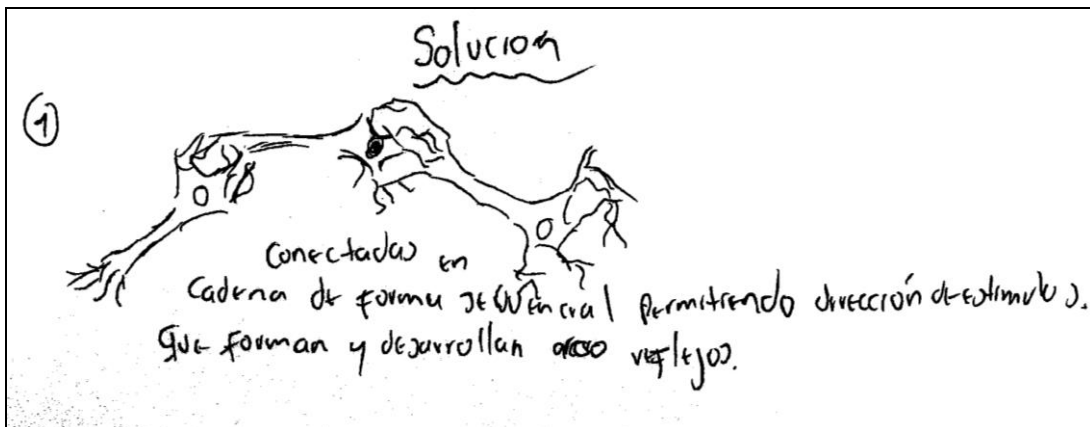
Tabla Nº 8



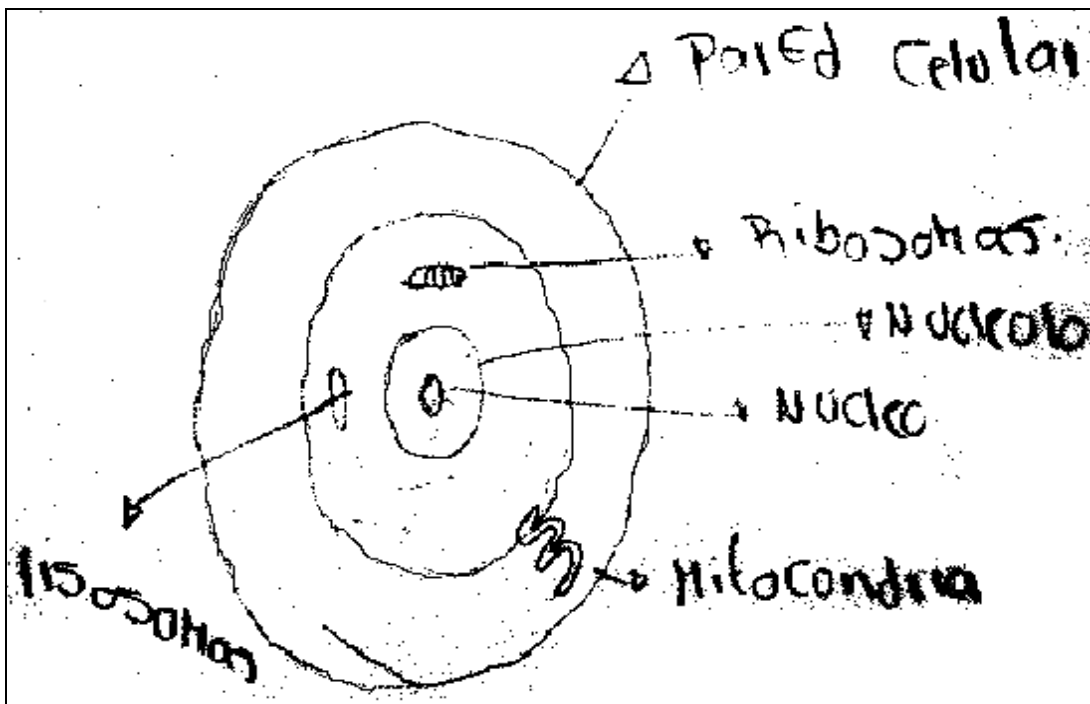
Gráfica Nº 8

Encontramos que el **22%** de los estudiantes equivalente a **7** de ellos que representaron la célula como formadora de tejidos solamente (algunas en formas alusivas a las neuronas) sin identificar los procesos que operan dentro de ella, en ningún momento hacen alusión a los organelos celulares ni que función desarrollan cada uno de ellos ni mucho menos la relación que

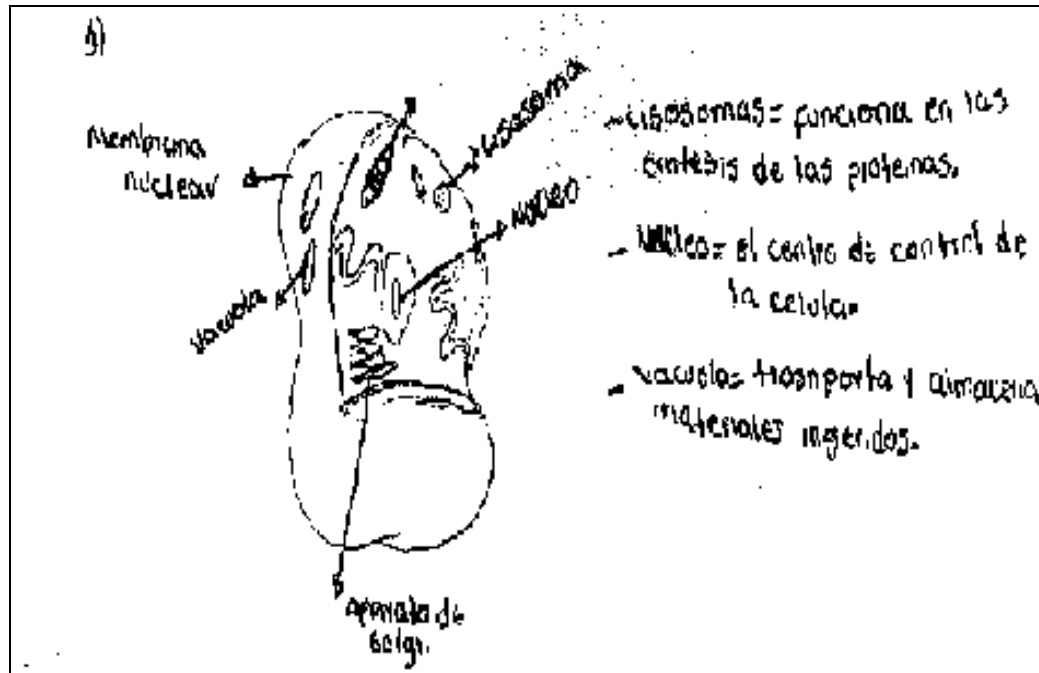
hay en sus funciones particulares para que la célula pueda cumplir con su funcionamiento. Esta respuesta corresponde al **Modelo Mental A** porque al hablar de la célula como formadora de tejidos hacen referencia a la parte estructural solamente.



Producción Gráfica N° 6



Producción Gráfica N° 7



Producción Gráfica N° 8

Para responder a esta pregunta no parecían tener elementos conceptuales contruidos relativos al contenido celular y sus procesos, así como la capacidad de visualizarlos y graficarlos.

El **16%** de los estudiantes, equivalente a **5** de ellos que no respondieron a la pregunta posiblemente porque no comprendieron lo que se les planteaba o por falta de elementos conceptuales.

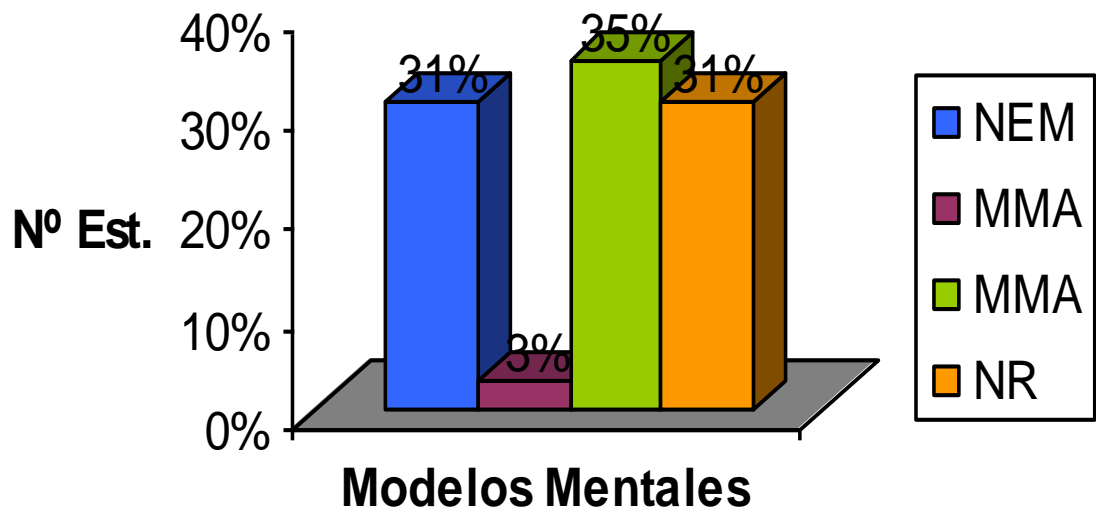
El **58%** de los estudiantes equivalentes a **17** de ellos, que representaron el funcionamiento de la célula en forma gráfica, algunas las realizaron en forma plana (11), teniendo en cuenta algunos de sus organelos pero solo se limitan a nombrarlos como son: pared celular, ribosomas, núcleo, nucleolo, mitocondrias y lisosomas (estos organulos son los mas recurrentes entre las respuestas). Los otros estudiantes (6) la dibujan en forma tridimensional,

también tienen en cuenta ciertos organelos y a algunos les asignan su función específica que cumple dentro de la célula pero ninguno involucra la relación existente entre ellos. En esta respuesta los estudiantes hacen referencia a la estructura celular solamente lo cual corresponde al **Modelo Mental A.**

De acuerdo con las respuestas anteriores se pudo señalar que existen diferentes modos de ver y entender la función de la célula donde el estudiante construye de acuerdo a todos los elementos que haya recibido del contenido celular y de acuerdo al modo de entender la célula

2. se dice que la célula es la unidad funcional y estructural de los seres vivos. Explica que significa.	Nº Est.	%
Formadora de tejidos.	9	31%
Constituyente del ser humano, animales y plantas.	1	3%
Contribuye al desarrollo físico y estructural del ser vivo.	10	35%
No responden	9	31%

Tabla Nº 9



Gráfica Nº 9

El 31% de los estudiantes equivalente a 9 de ellos, que es un alto porcentaje que asumen la célula como la encargada de formar los tejidos como lo muestra la siguiente respuesta: *“se dice que la célula es la unidad estructural porque ayuda a formar las estructuras de nuestro cuerpo como lo son los tejidos, también se dice que es la unidad funcional porque ayuda a funcionar los tejidos de la unidad estructural”*. Como se puede ver el estudiante efectivamente en esta respuesta, refleja las dificultades de argumentación que está teniendo, sus problemas para recuperar la información y para aplicarla en un contexto diferente, para utilizarla en términos explicativos, muestran un panorama cognitivo limitado a frases hechas que han seguido una evolución pobre, limitada, y poco eficaz.

El **3%** equivalente a **1** estudiante que relaciono la importancia que tiene la célula como unidad funcional y estructural con la formación de todos los seres humanos, animales y las plantas como lo muestra la siguiente respuesta: *“se dice que la célula es la unidad funcional y estructural de los seres vivos porque todo ser vivo está constituido por células, ya que la unión de esta forma cada uno de los órganos que hace parte de los seres vivos, ya sea el hombre, los animales y las plantas, además es la unidad funcional porque las partes de la célula cumplen una función determinada y esta en conjunto cumplen las funciones de los seres vivos”*. Se pudo observar que esta respuesta tiene cierta elaboración y construcción personal en la información, si bien es cierto que tiene componentes de información brindada en libros de texto, no logro hacer una verdadera relación e integración entre la complejidad estructural y funcional de la célula.

Esto es lo que el estudiante genera en su mente, conceptos que la biología en la mayoría de los casos hacen referencia a la célula como la imagen central.

Esta forma de ver la célula ha dado como resultado lo que se cataloga dentro unos de los cuatro modelos mentales o formas de ver la célula, por lo anterior se puede establecer dentro del **modelo mental B dual**: donde habla de la importancia de la estructura y el funcionamiento pero independientes entre ellos.

El **35%** de los estudiantes exponían que la célula contribuye al desarrollo físico y estructural del ser vivo: *“Se dice que la célula es la unidad funcional y estructural de todo ser vivo porque es la parte fundamental que contribuye al desarrollo físico, estructural de todo ser vivo”*. Esta respuesta mostró una forma de ver la célula solo como un modelo físico donde se refiere a solo la estructura o sea que en su mente opera como un ente indefinido que ha construido en su mente a partir del discurso ya que no logro establecer

relaciones entre todos sus elementos que le permiten el total funcionamiento. Este estudiante se encuentra dentro del **modelo mental A**, donde solo hace referencia a la estructura sin involucrar el funcionamiento que la célula posee

El **31%** de los estudiantes no responden a la pregunta porque no la entendieron o no tienen en su mente la célula como un todo que cumple con diferentes funciones en su interior.

11. CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación se planteó como objetivo identificar las diferentes formas de representar y de construir el concepto de célula, tomando como base para ello una teoría para apoyar las diversas formas de conceptualizar y representar la célula en cuanto a estructura y funcionamiento se refiere.

Evidentemente la célula supone un concepto científico, un conocimiento cuya comprensión requiere y reclama un modelo mental que permita su interpretación, lo que queda claramente de manifiesto ante la lectura y observación de lo que los estudiantes nos han entregado como expresión y producto de su forma de percibirla y concebirla.

Básicamente, esta es una investigación exploratoria porque partiendo de una teoría, hemos hecho su adaptación al aprendizaje escolar. Como esa teoría no tiene herramientas ni procedimientos adaptados a este nivel y a estas condiciones, hemos explorado unos procedimientos y técnicas de investigación y de diagnóstico que permitieran determinar el alcance de la misma.

La construcción de los elementos conceptuales referentes a la estructura y al funcionamiento relativos al contenido celular y, consecuentemente, el manejo de los mismos, así como la capacidad de visualizarlos, ha dado como resultado lo que se ha tipificado como cuatro modelos mentales diferentes de célula, es decir, cuatro formas distintas de representarla y conceptualizarla.

Son, pues, esos cuatro modelos mentales: **modelo mental A, modelo mental B o dual, modelo mental C Y modelo mental D**, de los cuales se

han hallado solo dos, **A y B** en todos y cada uno de los sujetos de la investigación frente a todas y cada una de las fuentes de recogida de información registradas, los que justifican sus posibilidades explicativas y predictivas al respecto y, en consonancia con ello, su comprensión. Estos modelos se caracterizan del siguiente modo:

Estos modelos mentales relativos a la célula se derivan de y relacionan con los criterios y categorías definidas para llevar a cabo el análisis de los gráficos y las producciones del alumnado y, consecuentemente, con las diferentes fuentes de recogida de datos que han permitido su recopilación.

Efectivamente, se encontraron esas categorías en las representaciones mentales de célula; se detectaron regularidades y modos que se corresponden con los modos de pensar de los estudiantes con respecto a la célula. Se observó que estos modos comunes en la forma de procesar el contenido trabajado y de plasmarla se relacionaron con la forma de manejar la información y de exteriorizar lo que de la misma habían comprendido, es decir, con las representaciones externas que aportaron, se constituyeron los registros obtenidos de dichos individuos. Fueron estos registros, convenientemente analizados, los que permitieron inferir que mentalmente son los cuatro modelos mentales los que tipificaron las representaciones que estos estudiantes pusieron en juego como intermediarias entre sus estructuras cognitivas y el contenido que se les presentaba.

Son cuatro modelos mentales, de los cuales dentro de la investigación fueron hallados dos, el **A Y B**; estos modelos permitieron explorar e identificar la forma según la cual este alumnado ha pensado la célula –la ha percibido y concebido- y, por tanto, los modelos mentales generados en la investigación son sobre los modelos mentales de célula construidos por estos jóvenes que han constituido el centro de la investigación. Por lo tanto,

podríamos admitir también que esa tipificación es un hallazgo de la propia indagación.

De este modo, y haciendo uso de esa categorización en el proceso de investigación, se estableció la evolución seguida por cada categoría asignando a cada instrumento la construcción de un modelo mental como sustrato o base cognitiva para elaborarlo, para dar cuenta del mismo o de lo que en él se demanda.

Si tuviéramos que resaltar, en términos de la tipología de Johnson-Laird, 1983(citado por Rodríguez Palmero, 1993)

por alguno de los modelos que él define, diríamos que estos estudiantes construyeron un modelo físico de la célula por ser una estructura real, física, si bien es cierto que en sus mentes operan como un ente abstracto que ha construido a partir del discurso y que ellos mismos no pueden verificar, lo que puede ser un indicio, como ya se ha expresado, de la necesidad de profundizar en esta clasificación; un modelo físico que básicamente es relacional simple ya que, a lo sumo, establecen algunas relaciones espaciales entre los elementos que consideran, y es un modelo que atiende fundamentalmente a la estructura de la célula y muy poco a su funcionamiento.

Haciendo uso de esta caracterización como esquema de análisis parcial relativo a los dibujos y a la conceptualización se ha asignado un modelo mental subyacente a todas y cada una de las producciones icónicas que estos jóvenes elaboraron. Los resultados de dicha identificación y tipificación se presentan modelo mental final asignado a cada grupo y la valoración global de su forma de pensar la célula a lo largo del mismo.

Efectivamente, estos datos muestran que resulta difícil para los estudiantes modelar una célula en acción, en términos icónicos, o sea, visualizar su

funcionamiento y relacionar las estructuras que conocen (en términos descriptivos) con su comportamiento real.

BIBLIOGRAFIA

- EZ G., E., SOLANO M., I. y Marín M. N. (1994). Problemas de terminología en estudios realizados acerca de "lo que el alumno sabe" sobre ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 12(2), 235-245.
- Barquero, B. (1995). La representación de estados mentales en la comprensión de textos desde el enfoque teórico de los modelos mentales. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- KUHN, T. S. (1970). *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- MOREIRA, M.A. (1997). Modelos Mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*. Vol. 1, n. 3 (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>).
- POZO, J. I., GÓMEZ M., Limón M. y Sanz A. (1991). Procesos Cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: Las Ideas de los Adolescentes sobre Química. Madrid, Esp.: C. I. D. E.
- RODRÍGUEZ GÓMEZ, G.; Gil Flores, J. y García Jiménez, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Ediciones Aljibe. Málaga. 378 pp.
- Rodríguez Palmero, M.L. (1997). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza/aprendizaje de la estructura y del funcionamiento celular. *Investigações em Ensino de Ciências*, Vol 2, nº 2. Porto Alegre.

- NERSESIAN, N. (1992). How Do Scientist Think? Capturing the Dymanics of Conceptual Change in Science. En Gere, R.N. (Ed): Cognitive models of science. Vol. XV. Minnessota Studies in the Philosophy of Science. Mineapolis, Univ. Minnesota Press. pp. 3-44.
- Norman, D.A. (1983). Some Observations en Mental Models. En Gentner, D. y Stevens, A.L. Mental Models. LEA. New Jersey. pp 7-14.
- Gutiérrez, R. (1996). Modelos mentales y concepciones espontáneas.. Didáctica de las Ciencias Experimentales.
-

¹ RODRÍGUEZ PALMERO, M. L. y Moreira, M. A. (1999). Modelos Mentales de la estructura y del funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. Investigações em Ensino de Ciências 4 (2). (<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>).

ANEXOS

NOMBRE:

CUESTIONARIO 1

1 ¿QUE ES CELULA?

2 ¿TE PARECE IMPORTANTE EL ESTUDIO DE LA CELULA?

3 ¿COMO PUEDES REPRESENTAR UNA CELULA?

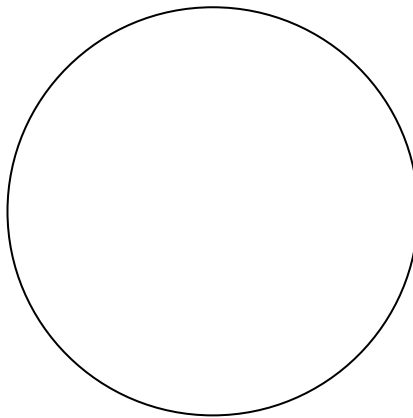
4 ¿ESCRIBE TRES FRASES QUE REPRESENTEN LA “CÉLULA”

5 EXPLICA CON TUS PALABRAS CÓMO FUNCIONA LA CÉLULA

NOMBRE:

CUESTIONARIO 2

1 ¿SI LA SIGUIENTE GRAFICA REPRESENTA EL CONTORNO DE UNA CÉLULA QUE COLOCARIAS DENTRO?



2 ¿APROVECHA ESTE ESPACIO PARA EXPLICAR EL FUNCIONAMIENTO QUE TU CREES QUE TIENE UNA CÉLULA?

NOMBRE:

CUESTIONARIO 3

1 ¿COMO DIBUJARÍAS EL FUNCIONAMIENTO DE LA CÉLULA?

2 ¿SE DICE QUE LA CÉLULA ES LA UNIDAD FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DE LOS SERES VIVOS. EXPLIQUE QUE SIGNIFICA?