

**DIFICULTADES CONCEPTUALES Y PROCEDIMENTALES DE DOCENTES EN
FORMACIÓN INICIAL EN CIENCIAS NATURALES RESPECTO A LA CÉLULA**

YAMILE GRANADOS PÉREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN PEDAGOGÍA
BUCARAMANGA
2017**

**DIFICULTADES CONCEPTUALES Y PROCEDIMENTALES DE DOCENTES EN
FORMACIÓN INICIAL EN CIENCIAS NATURALES RESPECTO A LA CÉLULA**

YAMILE GRANADOS PÉREZ

**Trabajo de Grado para optar al título de
Magíster en Pedagogía**

**Directora
MARÍA HELENA QUIJANO HERNÁNDEZ
Magíster en Educación**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN PEDAGOGÍA
BUCARAMANGA
2017**

*A mis dos amores: mi Any y mi Viejo, las
personas que Dios acercó a mi vida para
llenarla de felicidad.*

A mi madre, mi hercína.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincera expresión de gratitud a la Coordinación y profesores de la Maestría en Pedagogía por compartir conmigo toda su experiencia y con ello contribuir con mi formación.

A los docentes en formación inicial de la LEB con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental por su desinteresada y activa participación en el desarrollo de la presente investigación, sin ellos este resultado no hubiera sido posible.

A la profesora María Helena Quijano, mil y mil gracias por su constante orientación como tutora, sus valiosas enseñanzas, su tiempo, su apoyo incondicional y su sincera amistad.

A mis compañeros de la “Superespectacular Cohorte XVIII” por haber hecho del fin de semana un espacio para reflexionar y compartir de forma amigable la escuela.

A la profe Martha Patricia Ramírez, quien con cariño siempre ha estado haciendo seguimiento a mi formación.

A Nubia y a Angie por hacerme las cosas más fáciles.

A mi madre y mis hermanas por tenerme siempre en sus oraciones.

A mi hija Ana María y mi esposo Víctor quienes me impulsan y me acompañan cuando creo no poder continuar.

A Dios por todas las bendiciones que recibo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. ANÁLISIS Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.1. DESCRIPCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.2. JUSTIFICACIÓN	24
1.3. OBJETIVOS	28
1.3.1. Objetivo general	28
1.3.2. Objetivos específicos	28
2. MARCO DE REFERENCIA	29
2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	29
2.1.1. Contexto internacional	30
2.1.2. Contexto nacional	33
2.1.3. Contexto local	37
2.2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	39
2.2.1. Teoría del Aprendizaje Significativo	39
2.2.2. Enseñanza de las ciencias	41
2.2.3. Competencias científicas	42
2.2.4. Pensamiento crítico	45
2.2.5. Dificultades en el aprendizaje de las ciencias	47
2.2.6. Concepciones alternativas	48
3. DISEÑO METODOLÓGICO	52
3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	53
3.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	53
3.3. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.4. POBLACIÓN PARTICIPANTE	56

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	57
3.6. PROCESO METODOLÓGICO	60
3.7. ANÁLISIS DE DATOS	62
3.8. PRINCIPIOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN	63
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	65
4.1. DIAGNÓSTICO POBLACIONAL	65
4.1.1. Caracterización de la población	66
4.1.2. Indagación de presaberes	71
4.1.3. Concepciones alternativas de los estudiantes respecto a la célula	81
4.2. DISEÑO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA	85
4.2.1. Secuencia Didáctica No. 1	86
4.2.2. Secuencia Didáctica No. 2	99
4.3. INTERVENCIÓN EN EL AULA: APLICACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA	111
4.3.1. Análisis de resultados en la categoría “Dominio conceptual de célula”	111
4.3.2. Análisis de resultados en las categorías “Composición celular de los seres vivos” y “Estructura celular”	126
4.3.3. Análisis de resultados en la categoría “Función de los componentes celulares”	130
5. CONCLUSIONES	138
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
ANEXOS	154

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura del diseño metodológico desarrollado durante la investigación.	52
Figura 2. Estructura del proceso metodológico desarrollado durante la investigación.	61
Figura 3. Representación esquemática de la organización y jerarquización del conocimiento mediante un mapa de ideas realizado por un estudiante. Aparece señalado con líneas punteadas, en la parte superior izquierda de la imagen, el segmento del mapa que se ha ampliado (izquierdo y derecho).	114
Figura 4. Representación esquemática de la organización y jerarquización del conocimiento mediante un mapa de ideas realizado por un estudiante.	116
Figura 5. Representación esquemática de la relación de momentos históricos que marcaron el desarrollo de la Teoría Celular realizadas por los estudiantes.	125
Figura 6. Registro fotográfico de los recursos que apoyaron la exposición oral de los estudiantes durante el desarrollo del seminario.	133

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Relación de la codificación con la unidad de análisis, la subcategoría y la categoría respecto a los datos que responden a la pregunta <i>¿Por qué decidió escoger el programa de “Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental” y no otro?</i>	70
Cuadro 2. Relación de la codificación con la unidad de análisis y la categoría respecto a los datos que responden a la pregunta <i>¿Qué concepto de célula conoce?</i>	73
Cuadro 3. Relación de la codificación con la unidad de análisis y la categoría respecto a los datos que responden a la pregunta <i>¿Cuáles son los componentes de la célula?</i>	75
Cuadro 4. Relación de la codificación con la unidad de análisis y la categoría respecto a los datos que responden a la pregunta <i>¿Los componentes celulares son los mismos para todos los seres vivos (por ejemplo, una bacteria, una mariposa y un caballo)? Justifique su respuesta.</i>	77
Cuadro 5. Relación de la codificación con la unidad de análisis y la categoría respecto a los datos que responden a la pregunta <i>“Si conoce las funciones de los componentes celulares menciónelas”.</i>	79
Cuadro 6. Concepciones de los estudiantes respecto al concepto célula.	83
Cuadro 7. Estrategias didácticas y organización de las actividades de enseñanza y aprendizaje de la Secuencia Didáctica No. 1.	91
Cuadro 8. Aspectos y criterios de evaluación de la consecución y valoración de los procesos desarrollados en la ejecución de la Secuencia Didáctica No. 1.	96

Cuadro 9. Estrategias didácticas y organización de las actividades de enseñanza y aprendizaje de la Secuencia Didáctica No. 2.	103
Cuadro 10. Aspectos y criterios de evaluación de la consecución y valoración de los procesos desarrollados en la ejecución de la Secuencia Didáctica No. 2.	108
Cuadro 11. Relación de preguntas realizadas por los estudiantes mientras cerraban su presentación oral durante el seminario. * Los descriptores corresponden a la revisión de Moreno (2015, p. 8-9)	135

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Consentimiento informado presentado a los estudiantes para su respectiva firma en constancia de aceptación de su participación en la investigación.	154
Anexo B. Cuestionario aplicado a docentes de formación inicial para indagar acerca de sus concepciones alternativas respecto a la célula.	155
Anexo C. Protocolo de debate acerca de la Teoría Celular. En cumplimiento de las condiciones iniciales relacionadas con el anonimato, todos los nombres de los participantes fueron reemplazados por el código “EST” y un número consecutivo, el cual guarda concordancia con la base de datos que la docente investigadora resguarda. A excepción del cambio de los nombres, el protocolo no sufrió ninguna otra modificación.	157
Anexo D. Guías de laboratorio para el estudio de la estructura y función de la célula.	165

RESUMEN

TÍTULO: DIFICULTADES CONCEPTUALES Y PROCEDIMENTALES DE DOCENTES EN FORMACIÓN INICIAL EN CIENCIAS NATURALES RESPECTO A LA CÉLULA*

AUTOR: YAMILE GRANADOS PÉREZ**

PALABRAS CLAVE: célula, concepciones alternativas, unidad didáctica, investigación-acción

DESCRIPCIÓN:

La presente investigación tuvo como propósito identificar las dificultades conceptuales y procedimentales que docentes en formación inicial en ciencias naturales tenían acerca del concepto célula, además de intervenirlas en el aula. El proceso metodológico siguió los procedimientos propios de la investigación-acción. En primer lugar, se aplicó un cuestionario de seis preguntas abiertas para indagar acerca de los conocimientos previos de los 30 docentes en formación, quienes participaron de forma voluntaria en la investigación. En segundo lugar, se dedujo la existencia de las dificultades del concepto célula a partir de la identificación y caracterización de las concepciones alternativas que fueron mostradas en el cuestionario aplicado. Y, en tercer lugar, se diseñó una unidad didáctica basada en el enfoque de secuencia didáctica de Osborne y Freiberg (1998), y se aplicó en el salón de clases. Los resultados del diagnóstico mostraron que los estudiantes tienen algunas concepciones alternativas del concepto célula y dificultades en el lenguaje científico. Al respecto, ellos tienen un modelo del dominio conceptual de célula, pero no conocen qué estructuras la componen y no pueden explicar sus funciones. Así mismo, durante la intervención en el aula, la unidad didáctica aplicada permitió que los estudiantes mejoraran sus habilidades de aprendizaje.

* Trabajo de grado de maestría

** Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Educación. Directora: María Helena Quijano Hernández

ABSTRACT

TITLE: CONCEPTUAL AND PROCEDIMENTAL DIFFICULTIES ABOUT THE CELL IN SCIENCE TEACHERS IN INITIAL FORMATION*

AUTHOR: YAMILE GRANADOS PÉREZ**

KEY WORDS: cell, alternative conceptions, didactic unit, action research

DESCRIPTION:

This research had the purpose of identifying conceptual and procedimental difficulties in science teachers in initial formation about the cell concept, and to intervene these difficulties. The methodology followed the procedures of action research. First, a knowledge questionnaire was applied; six open-ended questions were requested to 30 students, who voluntarily participated. Second, the existence of difficulties was deduced from the identification and characterization of the alternative conceptions about the cell concept that the students demonstrated when the questionnaire was applied. And third, a didactic unit was designed, based on the didactic sequence Osborne and Freyberg's proposal (1998), which was applied in the classroom. The results of the diagnostic showed that the students had some alternative conceptions about the cell and some terminological misunderstanding. They have a conceptual domain model about the cell, however they could not explain which structures has the cell and what are their functions. Likewise, the applied didactic unit helped to the students to improve their learning skills during the intervention in the classroom.

* Master thesis

** Faculty of Human Sciences. School of Education. Director: María Helena Quijano Hernández

INTRODUCCIÓN

Todo momento educativo involucra procesos de enseñanza y aprendizaje; y en lo que respecta a las ciencias, cualquier proceso de enseñanza tiene como propósito permitir que todos los estudiantes aprendan de forma significativa (Jorba y Sanmartí, 1996)¹, y para lograrlo es preciso definir los criterios que rigen dichos procesos y que influyen en las estrategias de intervención que se apliquen. Entre los aspectos que inciden en la enseñanza de la ciencia, particularmente de la biología; resaltan la formación docente, su acción en el aula y el aprendizaje del estudiante, reconociéndose que una de las causas respecto a la problemática de enseñanza resulta de la poca consideración hacia las concepciones alternativas del alumnado (Arteaga-Quevedo y Tapia-Luzardo, 2009)².

Autores como Solbes (2009)³, consideran las “concepciones alternativas” son una denominación genérica de los términos preconceptos, preconcepciones, ideas previas, ideas alternativas, teorías implícitas, teorías ingenuas, ciencia de los niños, esquemas conceptuales alternativos, representaciones, etc., que remiten a cualquier error conceptual que se evidencia como idea segura y arraigada en el estudiante. Así pues, hablar de dificultades en el aprendizaje de las ciencias implica las deficiencias conceptuales en el aprendizaje debidas a las concepciones alternativas; además, de las debidas a formas de razonamiento de sentido común, las metodológicas y las debidas a las actitudes negativas. En este sentido, Wals y

¹ JORBA, Jaume y SANMARTÍ, Neus. Enseñar, Aprender y Evaluar: Un proceso de Regulación Continua. Propuestas Didácticas para las áreas de Ciencias Naturales y Matemáticas. Ministerio de Educación y Cultura, 1996. 319 p.

² ARTEAGA-QUEVEDO, Yannett Josefina y TAPIA LUZARDO, Fernando José. Núcleos problemáticos en la enseñanza de la biología. En: Investigación arbitrada, 2009. vol. 12, no. 46, p. 719-724.

³ SOLBES, Jordi. Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (I): Resumen del camino avanzado. En: Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2009. vol. 6, no. 1, p. 2-20.

Paul (1989)⁴ y Boisvert (2004)⁵, formulan la idea que relaciona la formación del individuo con la influencia de la instrucción y desarrollo de habilidades con el pensar críticamente; lo cual requiere de una alta dosis de actividad intelectual, autonomía, flexibilidad y escepticismo.

Dentro de la enseñanza y aprendizaje de la biología, la célula es un concepto clave que condiciona y articula la comprensión de los conceptos biológicos (Rodríguez-Palermo y Moreira, 2002)⁶ y como concepto clave ha sido objeto de muchos estudios que indagan acerca de las concepciones que de él tienen los estudiantes en distintos niveles educativos. En el currículo escolar colombiano, su presencia en el contexto escolar se hace evidente desde temprana edad, cuando los niños se encuentran cursando quinto grado de educación básica primaria, tal como lo evidencian los estándares básicos de competencias en ciencias naturales.

En la educación colombiana, los conocimientos relacionados con la célula van aumentando y haciéndose más complejos a medida que se avanza en el sistema escolar. En este sentido, al finalizar 5° grado el estudiante debería manejar aspectos generales acerca de la importancia de la célula como unidad básica de los seres vivos e identificar en estos los niveles de organización celular; al finalizar 7° grado, pueda explicar la estructura de la célula y las funciones básicas de sus componentes, clasificar los organismos en grupos taxonómicos de acuerdo con las características de sus células, y clasificar las membranas de acuerdo con los procesos de intercambio celulares; terminando 9° grado se desea que el estudiante maneje conceptos asociados a la herencia y su relación con los procesos de

⁴ WALSH, Debbie y PAUL, Richard. The Goal of Critical Thinking: from Educational Ideal to Educational Reality. American Federation of Teachers, Washington, D.C., 1986. 68 p.

⁵ BOISVERT, Jacques. La Formación del Pensamiento Crítico. Teoría y Práctica. Traducción de Ricardo Rubio. Primera Edición. México. Fondo de Cultura Económica, 2004. 211 p.

⁶ RODRÍGUEZ-PALERMO, María Luz y MOREIRA, Marco Antonio. Modelos mentales vs esquemas de célula. En: Investigações em Ensino de Ciências, 2002. vol. 7, no. 1, p. 77-103.

reproducción sexual y asexual; y finalizando la educación media, al terminar 11° grado; se espera que el estudiante establezca relaciones entre lo que ocurre en el interior celular con el metabolismo del ser vivo y el ambiente que lo rodea (MEN, 2006)⁷; así que pensar en promover el mejoramiento de los procesos de aprendizaje de docentes en formación en ciencias naturales resulta urgente.

Expresada entonces la participación del concepto célula, entendiéndose este como el concepto que permite la comprensión de los niveles de organización y complejidad de los seres vivos, es acertado investigar acerca de las dificultades conceptuales y procedimentales que rondan alrededor del aprendizaje del concepto en los docentes en formación inicial de la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, quienes tendrán el compromiso de asumir el reto de formar jóvenes con habilidades que respondan al mundo actual.

Con base en la línea argumental expuesta, los capítulos que se presentan a continuación en el presente manuscrito, desde el inicio pretenden dar respuesta a la pregunta *¿Cómo intervenir las dificultades conceptuales y procedimentales en los docentes en formación inicial de la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental respecto al concepto célula, desde su organización y funcionamiento?* Por consiguiente, la organización de los capítulos obedece a la siguiente descripción:

En el primer capítulo, “ANÁLISIS Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA”, se encuentra una descripción del problema a la luz de las necesidades evidenciadas con las últimas pruebas nacionales e internacionales aplicadas a los jóvenes del

⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden. Colombia, 2006. 184 p. [Disponible en: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf].

país. Aunado a esto, aparece la una justificación basada en los resultados de varias publicaciones que han expresado la necesidad de explorar las concepciones alternativas y afrontar en consecuencia, la enseñanza del concepto célula en docentes de formación inicial. El cierre del capítulo está dado por la presentación de los objetivos general y específicos.

El segundo capítulo, “MARCO DE REFERENCIA”, presenta inicialmente los antecedentes de investigación en el contexto internacional, nacional y local que han tratado las concepciones alternativas de algún aspecto relacionado con el concepto célula; así como el marco teórico, que aborda aspectos del aprendizaje significativo, la enseñanza de las ciencias, las competencias científicas, el pensamiento crítico, las dificultades en el aprendizaje de las ciencias y las concepciones alternativas.

El tercer capítulo, “DISEÑO METODOLÓGICO”, contiene una descripción del método, enfoque, contexto y población participante en la investigación. También se presentan las técnicas e instrumentos, el proceso metodológico que se siguió, la propuesta de análisis de datos y los principios éticos que rigieron el estudio.

El cuarto capítulo, que corresponde al “ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS” se subdivide en tres secciones. La primera sección obedece al diagnóstico de la población, que a su vez incluye una caracterización del grupo participante y los análisis de la indagación de presaberes, que concluyen con la definición de las categorías de análisis que resumen las concepciones alternativas de los estudiantes respecto a la estructura y funcionamiento de la célula y su relación con las dificultades conceptuales y procedimentales del concepto. La segunda sección incluye el diseño de la unidad didáctica “La célula: su conceptualización teórica y práctica en el aula”, la cual describe las dos secuencias didácticas aplicadas a la población de estudio. La tercera sección corresponde a la

intervención en el aula; ahí están organizadas y descritas, en torno a las categorías de análisis de las concepciones alternativas, todas las actividades que se planearon en la unidad didáctica.

Finalmente, el cierre del manuscrito corresponde al quinto capítulo; “CONCLUSIONES”, en el cual se presentan los hallazgos de la investigación; las “REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS” y los “ANEXOS”.

1. ANÁLISIS Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la enseñanza de las ciencias en el nivel superior, es una constante encontrar gran cantidad de estudiantes predispuestos hacia éstas, y especialmente desinteresados por las ciencias naturales. En este particular, Solbes *et al.* (2007)⁸ y Solbes (2009)⁹ plantean que son múltiples las causas que generan actitudes negativas hacia las ciencias naturales, destacando básicamente a los contenidos y metodologías de enseñanza y las variables afectivas como los valores, las motivaciones y las creencias, todas ellas ligadas al discurso en el aula, y que las hacen poco interesantes, aburridas y de difícil comprensión.

Basta con mirar los resultados de las evaluaciones nacionales e internacionales para verificar que estas percepciones acerca de la ciencia están afectando fuertemente la población estudiantil en el país. Para el caso de las pruebas SABER 11, entre los años 2005 y 2010, los resultados evidencian un bajo desarrollo de competencias científicas, comunicativas y de razonamiento matemático (ICFES, 2011)¹⁰. Para el periodo comprendido entre el 2011 y 2014, el Ministerio de Educación Nacional implementó, a través de las Secretarías de Educación, cuatro estrategias que incluían capacitación a docentes, fortalecimiento de las competencias básicas, incentivo a la obtención de buenos resultados obtenidos en el examen SABER 11 y actualización de planes de mejoramiento. Pese a los esfuerzos, en este periodo solo se evidenció un leve incremento en las pruebas de

⁸ SOLBES, Jordi; MONTSERRAT, Rosa y FURIÓ, Carles. El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *En*: Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 2007. vol. 21, p. 91-117.

⁹ SOLBES, J., *Op. Cit.*

¹⁰ INSTITUTO COLOMBIANO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN ICFES. Examen de Estado de la Educación Media. Resultados del Periodo 2005-2010. 2011. Bogotá. [Consultado en: <http://www2.icfes.gov.co/resultados/saber-11-resultados?id=39>, fecha de consulta 5 de abril de 2015].

lenguaje, física y química, pero un descenso en matemáticas y biología (ICFES, 2016)¹¹. Para el periodo entre los años 2014 y 2016, en general se observó una tendencia positiva en los resultados, sin que esta tendencia fuese constante año tras año (CFES, 2017)¹².

Asimismo, las pruebas internacionales, tanto PISA (Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes) como TERCE (Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo), en las que también se han evaluado las tres áreas del conocimiento: matemáticas, ciencias y lenguaje, los resultados no son más alentadores.

En el TERCE, evaluando el desempeño de los estudiantes de sexto grado, el país quedó posicionado en segundo lugar en lenguaje y en cuarto lugar tanto en matemáticas como en ciencias. Pero lo más interesante no es el ranking sino el desempeño en las tres áreas: los mayores porcentajes en la evaluación posicionaron a los estudiantes en el nivel de desempeño II para ciencias (46.34%) y matemáticas (43.41%), y en nivel III para lenguaje (34.65%) (UNESCO, 2014)¹³. El posicionamiento no es malo, pero tampoco es bueno; y sí evidencia que la educación colombiana tiene debilidades y por lo mismo debe fortalecer el desarrollo de habilidades en los estudiantes.

¹¹ INSTITUTO COLOMBIANO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN ICFES. SABER 11. Resultados Nacionales 2011-2014. 2016. Bogotá. [Consultado en: <http://www.icfes.gov.co/docman/investigadores-y-estudiantes-de-posgrado/informes-de-resultados-evaluaciones-nacionales/informes-de-resultados-saber-11/2073-resultados-nacionales-saber-11-2011-2014/file?force-download=1>, fecha de consulta 14 de abril de 2017].

¹² INSTITUTO COLOMBIANO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN ICFES. INFORME NACIONAL. Resultados Nacionales 2014-2 – 2016-2 Saber 11. 2017. Bogotá [Consultado en: <http://www.icfes.gov.co/docman/instituciones-educativas-y-secretarias/saber-11/estudios-que-soportan-las-novedades/2931-informe-nacional-de-resultados-saber-11-2014-2016/file?force-download=1>, fecha de consulta 14 de abril de 2017].

¹³ UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION UNESCO. Comparación de Resultados del Segundo y Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo. SERCE Y TERCE 2006-2013. Santiago de Chile. 2014. [Consultado en: <http://www.unesco.org/new/es/santiago/terce-study/first-release-of-terce-results/>, fecha de consulta 5 de abril de 2015].

Para el caso de las pruebas PISA 2015 (ICFES, 2016)¹⁴, los puntajes de Colombia, al igual que los de otros países latinoamericanos, se alejan significativamente de los estándares de calidad de la OCDE; valores promedio de 490, 493 y 493 para matemáticas, ciencias y lectura respectivamente. En matemáticas, el puntaje de Colombia fue de 390 quedando clasificado en el puesto 62 de 72 países participantes; en ciencias, el puntaje de Colombia estuvo en 416 y se posicionó en el puesto 58; y para el área de lectura, el puntaje de Colombia fue de 425 y se ubicó en el puesto 55. Independientemente de la posición en el listado final de la OCDE, resulta alarmante el elevado porcentaje de estudiantes en bajo desempeño; para lectura es de 43%, matemáticas de 66% y el 49% para ciencias.

Aunque para el Ministerio de Educación estos resultados muestran que en el tiempo se ha mejorado y que se está avanzando hacia la meta de ser el país más educado de América Latina en el 2025 (ICFES, 2016; p. 12)¹⁵, lo cierto es que, a la fecha, los desempeños de los estudiantes colombianos son insuficientes para enfrentar los retos que exigen las sociedades modernas; de forma particular los asociados a la resolución de problemas inesperados, no rutinarios y de contextos poco familiares. En otras palabras, la educación colombiana no está formando jóvenes con razonamiento ni pensamiento crítico, como tampoco en competencias comunicativas ni científicas.

Por ello, resulta apropiado resaltar que hay dificultades en la comprensión de conceptos básicos relacionados con la biología y acorde con la bibliografía, uno de

¹⁴ INSTITUTO COLOMBIANO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN ICFES. Colombia en PISA 2015. Informe Nacional de Resultados, Resumen Ejecutivo. 2016. Bogotá. [Consultado en: <http://www.icfes.gov.co/docman/institucional/home/2785-informe-resumen-ejecutivo-colombia-en-pisa-2015>, fecha de consulta 14 de abril de 2017].

¹⁵ *Ibíd.*, p. 12.

esos conceptos es el de célula (Álvarez-Santoyo, 1996¹⁶; Mengascini, 2006¹⁷; Villada-Salazar, 2011¹⁸; Ozcan et al., 2012¹⁹; Flores et al., 2013²⁰; Núñez, 2013²¹; entre otros autores). Dada la importancia de la comprensión del concepto célula para estudiar y analizar de forma crítica los niveles de organización y complejidad de los seres vivos, es acertado indagar acerca de esta dificultad en el aprendizaje de los docentes en formación inicial de la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, quienes tendrán la responsabilidad de asumir el reto de formar jóvenes con habilidades que respondan al mundo actual.

Por consiguiente, con base en la línea argumental expuesta, conviene hacerse las siguientes preguntas a ser abordadas en el presente trabajo: *¿Qué concepciones alternativas respecto a la estructura y funcionamiento de la célula tienen los docentes en formación inicial? ¿Cuál es la relación que hay entre las concepciones alternativas y las dificultades conceptuales y procedimentales de la célula? y ¿Qué estrategia didáctica sería pertinente en el abordaje de dichas dificultades?*

Las preguntas anteriormente expuestas son factores relevantes en el planteamiento del problema, y encontrar respuesta a cada una de ellas permitirá dar solución a la

¹⁶ ÁLVAREZ-SANTOYO, Luz Marina. Representación de los estudiantes sobre la constitución celular de los seres vivos. Tesis de Maestría. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Educación, 1996. 175 p.

¹⁷ MENGASCINI, Adriana. Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular. En: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2006. vol. 3, no. 3, p. 485-495.

¹⁸ VILLADA-SALAZAR, Claudia. Estrategias de aula para alcanzar aprendizajes significativos y desarrollar habilidades de pensamiento científico en relación con la meiosis. Tesis de maestría. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2011. 119 p.

¹⁹ OZCAN, Taner; YILDIRIM, Osman y OZGUR, Sami. Determining of the university freshmen students' misconceptions and alternative conceptions about Mitosis and Meiosis. En: Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2012. vol. 46, p. 3677–3680.

²⁰ FLORES, Fernando; TOVAR, María Eugenia y GALLEGOS, Leticia. Representation of the cell and its processes in high school students: An integrated view. En: International Journal of Science Education, 2013. vol. 25, no. 2, p. 269-286.

²¹ NÚÑEZ, Diana. Estrategia metodológica para el aprendizaje significativo de los procesos de división celular de los estudiantes del curso de Biología General de la Facultad de Ciencias. Tesis de Maestría. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, 2013. 105 p.

pregunta de investigación del presente proyecto, la cual se describe a continuación:
¿Cómo intervenir las dificultades conceptuales y procedimentales en los docentes en formación inicial de la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental respecto al concepto célula, desde su organización y funcionamiento?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se reconoce que la calidad de la educación y su fortalecimiento son clave en el desarrollo de un país, y más aún en un país como Colombia que intenta fortalecerse internamente para afrontar los retos de la globalización (Franco-Serrano, 2006)²². Al respecto, autores como Delors *et al.* (1996; p.90)²³ han planteado que una de las primeras funciones que conciernen a la educación consiste en lograr que las sociedades puedan dirigir su propio desarrollo, permitiendo que cada persona se responsabilice de su destino a fin de contribuir al progreso de la sociedad. Asimismo, Franco-Serrano (2006)²⁴ resalta que el compromiso y el esfuerzo de los docentes son esenciales en los procesos de cambio e innovación que permitan la formación de jóvenes en el desarrollo de atributos de liderazgo y así responder a esas necesidades que exige el país que queremos construir.

En este sentido, las instituciones de enseñanza superior tienen como funciones tradicionales la investigación, innovación, enseñanza y formación y educación permanente, además de procesos de cooperación internacional (Delors *et al.*, 1996;

²² FRANCO-SERRANO, José Manuel. Leadership Skills and Teaching: An Invitation to Go Further. *En*: HOW, 2006. vol. 13, p. 65-76.

²³ DELORS, Jacques (comp.). La Educación Encierra un Tesoro. Compendio. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI. Madrid. Ediciones UNESCO, 1996. [Consultado en: http://ceups.educacion.unmsm.edu.pe/proyeccion_archivos/educacion-encierra-un-tesoro.pdf, fecha de consulta 5 de abril de 2015].

²⁴ FRANCO-SERRANO, J. M. Op. Cit.

p.149)²⁵; que en su conjunto permiten la preparación de un gran número jóvenes que hallan la manera de darle sentido a sus vidas (Delors *et al.*, 1996; p.153)²⁶. No obstante, para que exista una igualdad de oportunidades en una sociedad moldeada por la investigación y el desarrollo en ciencia y tecnología, es necesario, coincidiendo con lo que expresa Delors (2010; p. 224)²⁷, que en la preparación de los futuros profesionales se fortalezcan las bases de la educación: la lectura, la escritura, el cálculo y la expresión.

Del mismo modo, es urgente resaltar que el docente en formación debe ser el mejor estudiante para cumplir con esa vocación de “formar”, pues no se puede pensar en procesos de enseñanza y aprendizaje exitosos en la sociedad cuando no hay actualización e innovación. Al respecto, Franco-Serrano (2006)²⁸ plantea que se debe permitir que los estudiantes en formación desarrollen habilidades de liderazgo en el aula como un ejercicio de aprendizaje que dure toda la vida. Sumado a lo anterior, Tobaldini *et al.* (2001)²⁹ ponen en manifiesto que, en la formación de docentes, principalmente en los cursos de licenciatura destinados a la enseñanza de la ciencia, es necesaria la inserción de la discusión de la naturaleza del conocimiento científico y su relación con factores ideológicos, políticos, económicos y culturales. Es decir, que el proceso de enseñanza y aprendizaje esté contextualizado y direccionado desde las necesidades de la sociedad.

²⁵ DELORS, J. *et al. Op. Cit.*, p. 149

²⁶ *Ibíd.*, p. 153

²⁷ DELORS, Jacques. Hacia la educación para todos a lo largo de toda la vida. En: J. Bindé (comp.) ¿Hacia Dónde se Dirigen los Valores? Coloquios del siglo XXI. México. Fondo de Cultura Económica, primera reimpresión, 2010. p. 221-227.

²⁸ FRANCO-SERRANO, J. M. *Op. Cit.*

²⁹ TOBALDINI, Bárbara, *et al.* Aspectos sobre a natureza da ciência apresentados por alunos e professores de licenciatura em ciências biológicas. En: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2011. vol. 10, no. 3, p. 457-480.

No obstante, tenemos en contra, tal como lo plantea Zamanillo-Peral (2002)³⁰, que tradicionalmente la formación se ha fundamentado en una transmisión de conocimientos y no tanto en preparar al estudiante para comprender el mundo y actuar en el mismo en su vida adulta. Así, con solo actividades de memorización, los estudiantes se caracterizan por la fragilidad del conocimiento (problemas de retención, de comprensión y de uso del conocimiento adquirido) y un pensamiento pobre, que obstaculizan el rendimiento (Aiello, 2007)³¹. Esta situación es un problema que ha venido aumentando y por lo mismo ha incentivado a muchos investigadores a indagar sobre aspectos puntuales que dificultan el aprendizaje de contenidos de diversas áreas. En el caso particular de la biología, se han explorado las dificultades en la comprensión de temas clave que permiten entender la diversidad de formas de vida (Caballer y Giménez, 1993³²; Mengascini, 2006³³; Ozcan *et al.*, 2012³⁴; Flores *et al.*, 2013³⁵; entre otros).

Para autores como Carrascosa (2005a)³⁶, las concepciones alternativas de los estudiantes constituyen ideas integradas en la mente que forman verdaderos esquemas conceptuales dotados de cierta coherencia interna, y que por lo tanto deben plantearse estrategias para cambiar los esquemas conceptuales y por ende erradicar los errores conceptuales que llevan a dichas concepciones. Así pues, en la medida en la que identifiquemos las concepciones alternativas del aprendizaje en las distintas disciplinas y apliquemos metodologías que permitan su modificación,

³⁰ ZAMANILLO-PERAL, Teresa. Teoría y Práctica del Aprendizaje por Interacción en Grupos Pequeños. Tesis de Doctorado. Universidad Complutense de Madrid, 2002. España. [Consultado en <http://biblioteca.ucm.es/tesis/cps/ucm-t25724.pdf>, fecha de consulta 8 de abril de 2015].

³¹ AIELLO, María. Aprendizaje en el aula universitaria. Una propuesta de innovación para intentar superar las dificultades. *En*: Revista Ciencias de la Educación, 2007. vol. 1, no. 30, p. 103-115.

³² CABALLER, Ma. Jesús y GIMÉNEZ, Inés. Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. *En*: Enseñanza de las Ciencias, 1993. vol. 11, no. 1, p. 63-68.

³³ MENGASCINI, A. *Op. Cit.*

³⁴ OZCAN, T. *et al.*, *Op. Cit.*

³⁵ FLORES, F. *et al.*, *Op. Cit.*

³⁶ CARRASCOSA, Jaime. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas. *En*: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2005a. vol. 2, no. 3, p. 388-402.

se dará paso al aprendizaje significativo y con ello al mejoramiento de la calidad de educación en el país.

En este sentido, es pertinente averiguar las concepciones alternativas de uno de los conceptos más relevantes para la formación de docentes en el área de Ciencias Naturales y así encontrar y analizar las dificultades conceptuales y procedimentales asociadas al mismo, pues célula es un concepto científico clave, que como bien lo expresan Rodríguez-Palermo y Moreira (2002)³⁷, condiciona y articula la comprensión biológica. Comprendido entonces que célula es fundamental en la biología escolar, para los docentes en formación inicial de la Licenciatura de Ciencias Básicas con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Industrial de Santander el concepto célula se presenta en seis asignaturas de la línea de biología que están contenidas en el plan de estudios de dicho programa (Biología, Niveles de organización: vegetal y animal, Estructuras y funciones básicas de los seres vivos, Bioenergética, Evolución y Sistemática, y Relaciones seres vivos y ambiente), pues su aprendizaje significativo les permite entender la organización y complejidad de los seres vivos desde su estructura básica y enseñarlo de forma significativa cuando estén ejerciendo la docencia.

³⁷ RODRÍGUEZ-PALERMO, M. L. y M. A. MOREIRA., *Op. Cit.*

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

- ✓ Intervenir las dificultades conceptuales y procedimentales en los docentes en formación inicial de la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental respecto al concepto célula, desde su organización y funcionamiento.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Indagar las concepciones alternativas que tienen los docentes en formación inicial respecto a la estructura y funcionamiento de la célula.
- ✓ Determinar la relación que hay entre las concepciones alternativas identificadas y las dificultades conceptuales y procedimentales de la célula en la población estudiada.
- ✓ Implementar una estrategia didáctica para el seguimiento y atención de las dificultades conceptuales y procedimentales alrededor del concepto célula manifestadas por la población.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Entre los aspectos que inciden en la enseñanza de la ciencia, particularmente de la Biología; resaltan la formación docente, su acción en el aula y el aprendizaje del alumno, reconociéndose que una de las causas respecto a la problemática de enseñanza resulta de la poca consideración hacia las concepciones alternativas del alumnado (Arteaga-Quevedo y Tapia-Luzardo, 2009)³⁸. Sin embargo, no fue sino hasta la década de los setenta que surge un interés por el estudio de las concepciones alternativas en Biología, que tenía como propósito detectar las ideas que los alumnos utilizan espontáneamente para enfrentarse a problemas o fenómenos científicos (Pinto *et al.*, 1996)³⁹; develando información valiosa que permitió el desarrollo de una línea investigativa dentro de la didáctica de la ciencia.

De acuerdo con lo anterior, conviene aclarar qué son las concepciones alternativas y qué las produce. Para Solbes (2009)⁴⁰, “concepciones alternativas” son una denominación genérica de los términos preconceptos, preconcepciones, ideas previas, ideas alternativas, teorías implícitas, teorías ingenuas, ciencia de los niños, esquemas conceptuales alternativos, representaciones, etc., que remiten a cualquier error conceptual que se evidencia como idea segura y arraigada en el estudiante. De acuerdo con Pinto *et al.* (1996)⁴¹ y Carrascosa (2005b)⁴², estas concepciones afectan conceptos científicos fundamentales, pues provienen de

³⁸ ARTEAGA QUEVEDO, Y.J. y F.J. TAPIA LUZARDO., *Op. Cit.*

³⁹ PINTO, Roser; ALIBERAS, Joan y GÓMEZ, Carrillo. Tres Enfoques sobre la investigación en concepciones alternativas. En: Enseñanza de las Ciencias, 1996. vol. 14, no. 2, p. 221-232.

⁴⁰ SOLBES, J., *Op. Cit.*

⁴¹ PINTO, R. *et al.*, *Op. Cit.*

⁴² CARRASCOSA, Jaime. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. En: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2005b. vol. 2, no. 2, p. 183-208.

errores conceptuales que se caracterizan por contradecir los conocimientos científicos vigentes, por repetirse insistentemente a lo largo de distintos niveles educativos y en distintas sociedades considerándose universales, porque suelen darse de manera rápida y segura resistiéndose al cambio, y porque se hallan relacionadas con diversos conceptos científicos; constituyendo un obstáculo robusto en el aprendizaje de la ciencia.

A continuación, de acuerdo con la revisión bibliográfica se hace una clasificación de proyectos de investigación con objetivos direccionados a indagar sobre concepciones alternativas en Biología en estudiantes próximos a iniciar su formación universitaria y en jóvenes formándose como docentes de Ciencias Naturales en distintas universidades, en el ámbito internacional, nacional y local:

2.1.1. Contexto internacional. Caballer y Giménez (1993)⁴³, conscientes de que en la educación general básica en España se organiza de acuerdo a la información contenida en libros de texto, en los que se deduce que el estudio de la célula se da con base en su organización interna y las funciones de cada orgánulo relacionado con un proceso vital, indagan acerca las concepciones alternativas de 94 estudiantes entre los 13 y 14 años de edad de seis centros educativos, y encuentran que hay errores conceptuales derivados del aprendizaje memorístico. Así mismo discuten sobre la construcción del concepto célula, que este ha evolucionado históricamente gracias a los avances en microscopía y bioquímica y que por lo mismo son temas muy abstractos para asimilar de forma significativa en dicha edad.

En este mismo sentido, Lewis y Wood-Robinson (2000)⁴⁴ analizando respuestas respecto a la relación entre genes, cromosomas, división celular y herencia en respuestas de estudiantes ingleses entre los 14 y 16 años de edad, evidenciaron

⁴³ CABALLER, M.J. y I. GIMÉNEZ., *Op. Cit.*

⁴⁴ LEWIS, Jenny y WOOD-ROBINSON, Colin. Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relations? En: International Journal of Education, 2010. vol. 22, no. 2, p. 177-195.

que en general los estudiantes tienen una pobre comprensión acerca de los procesos por los cuales la información genética es transferida, además de que carecen de conocimiento de estructuras involucradas en dicho proceso.

Así mismo, Flores *et al.* (2003)⁴⁵ indagan acerca de las concepciones alternativas y encuentran que los estudiantes mexicanos entre los 15 y 18 años de edad tienen problemas de comprensión respecto a las características funcionales y estructurales, confundiendo procesos como mitosis y meiosis, mecanismos de transporte de membrana, duplicación de ADN y síntesis de proteínas, así como el desconocimiento de las funciones celulares asociadas a las distintas estructuras internas.

En el contexto universitario, Mengascini (2006)⁴⁶ hace una recopilación de las concepciones alternativas de sus estudiantes de la cátedra de Botánica, correspondiente al primer año de las licenciaturas de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. En dicho estudio, la autora describe las ideas erróneas que se tienen acerca de la citología vegetal, y resalta la importancia de explicitarlas para poder reflexionar sobre el papel que juegan como obstáculo en el aprendizaje. Adicionalmente, relaciona dichas concepciones con la información que traen los textos escolares y cómo la relacionan.

En otro estudio, en el que participaron 124 profesores universitarios que estaban estudiando para convertirse en profesores de biología secundaria en Turquía, y cuyas edades oscilaron entre los 21 y 25 años, Dikmenli (2010)⁴⁷ identificó; a partir de dibujos y entrevistas; conceptos erróneos de las divisiones celulares y la estructuración de los conceptos de una manera significativa. Estos problemas se

⁴⁵ FLORES, F., *Op. Cit.*

⁴⁶ MENGASCINI, A. *Op. Cit.*

⁴⁷ DIKMENLI, Musa. Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. En: Scientific Research and Essays, 2010. vol. 5, no. 2, p. 235-247.

asociaron principalmente con la meiosis en lugar de la mitosis, confundiendo las etapas del proceso de división celular y los eventos que ocurren en estas etapas.

En otra investigación, también llevada a cabo en el contexto universitario, Ozcan *et al.* (2012)⁴⁸ determinan los conceptos erróneos e información inadecuada acerca de la mitosis y meiosis en universitarios de primer año en Turquía. Estos estudiantes expresan que la interfase es un periodo de preparación, pero no reconocen con precisión qué ocurre en este periodo. Tampoco son capaces de explicar los conceptos de ADN, cromosomas y genes. Y más preocupante aún, no reconocen la importancia de la mitosis y la meiosis para la vida.

A su vez, Newman *et al.* (2012)⁴⁹ indagan con evaluaciones tipo pre-test y entrevistas acerca de los conocimientos previos sobre la relación entre el ADN, los genes y la estructura cromosómica en maestros en formación de primer y segundo año de biología en una universidad privada en la Rochester (Estados Unidos) y encuentran que los estudiantes normalmente entienden la estructura cromosómica básica pero no activan los recursos cognitivos que les permitirían explicar los fenómenos macromoleculares (por ejemplo, el apareamiento homólogo durante la meiosis).

Sumado a los estudios con docentes en formación inicial, Strgar (2013)⁵⁰ en una investigación que buscaba indagar acerca de los conceptos erróneos sobre la estructura celular de los organismos y la división celular mediante una prueba de conocimientos que incluía seis preguntas abiertas, encontró que los participantes; en total 171 estudiantes pertenecientes a tres niveles académicos, 8° grado de la educación básica, primer año de escuela secundaria y tercer año de docentes de

⁴⁸ OZCAN, T. *et al.*, *Op. Cit.*

⁴⁹ NEWMAN, Dina; CATAVERO, Christina y WRIGHT, Kate. Students fail to transfer knowledge of chromosome structure to topics pertaining to cell division. *En*: CBE-Life Sciences Education, 2012. vol. 11, no. 4, p. 425-436.

⁵⁰ STRGAR, Jelka. Development of the concept of cell division through biology education. *En*: Acta Biologica Slovenica, 2013. vol. 56, no. 1, p. 66-74.

formación inicial en Biología en Eslovenia; independientemente del nivel de educación, tienen conocimientos insuficientes y que muchos estudiantes aprenden hechos aislados y no ven las relaciones entre esos hechos. Para el autor, preocupa el hecho de que demasiados estudiantes no poseen conocimientos biológicos básicos (como es el concepto de estructura celular de todos los seres vivos) cuando terminan la escuela primaria y que muchos de estos estudiantes nunca aprenderán biología de nuevo en su educación.

Por último, dentro del contexto universitario, pero involucrando población estudiantil tanto de universidades privadas como públicas de los Estados Unidos, Wright *et al.* (2014)⁵¹ investigaron la comprensión de los conceptos del dogma central de la biología molecular y los procesos de transcripción para comprender mejor las concepciones estudiantiles de estos procesos. Para ello, usaron cuestionario de pregunta abierta y entrevistas y encontraron que hay errores de interpretación del dogma central de la biología molecular (DNA → RNA) y que no están preparados para pensar en la información cuando se representa la relación ADN y ARN con una flecha, presentando una comprensión conceptual débil del flujo de la información.

2.1.2. Contexto nacional. En nuestro país, así como en otros países, la investigación llevada a cabo por varios investigadores ha llegado a la conclusión de que existen concepciones alternativas que dificultan el proceso de enseñanza de las ciencias naturales. En este sentido, conviene mencionar la tesis de doctorado de Valbuena (2007)⁵², quien en su investigación involucra docentes de formación inicial de la Universidad Pedagógica de Colombia, y encuentra que los futuros docentes traen una gran cantidad de concepciones alternativas respecto al conocimiento didáctico del contenido biológico y el conocimiento biológico escolar.

⁵¹ WRIGHT, Kate; FISK, Nick y NEWMAN, Dina. DNA → RNA: What do students think the arrow means? *En: CBE-Life Sciences Education*, 2014. vol. 13, no. 2, p. 338-348.

⁵² VALBUENA USSA, Edgar. El conocimiento didáctico del contenido biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). Tesis de Doctorado. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Educación. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, 2007, 633 p.

En su estudio, el autor describe concepciones generales sobre Biología y no sobre un concepto específico; sin embargo, resalta la concepción de los docentes en formación respecto a creer que el objeto de la Biología responde a conceptos generales como la vida, los organismos y la diversidad; pero sin identificar conceptos estructurantes de la ciencia.

Sumado al estudio anterior, pero a nivel de educación secundaria, Villada-Salazar (2011)⁵³ en su tesis de maestría, explora los conocimientos previos en los estudiantes de la Escuela Normal Superior de Ibagué respecto a la relación con procesos de división celular. La autora encuentra que entre las concepciones alterativas resalta la falta de relación que existe entre el material genético (ADN), procesos como síntesis de proteínas, división celular y la reproducción. Con la identificación de estos conocimientos previos, la autora se plantea una propuesta didáctica que involucra cuatro procesos de retroalimentación, evaluación permanente, enseñanza (desarrollo de temáticas) y contextualización para permitir el aprendizaje significativo y el desarrollo de habilidades de pensamiento científico.

De igual forma, Santamaría *et al.* (2012)⁵⁴ indagaron los obstáculos epistemológicos para aprender el concepto de célula en diez estudiantes de noveno grado de la Escuela Normal Superior Nuestra Señora de la Candelaria de Marquetalia Caldas. Las técnicas que usaron fueron la entrevista semiestructurada de pregunta abierta, que no pretendía indagar de manera declarativa los saberes sobre la célula que los estudiantes han logrado internalizar por la intervención de la escuela, sino identificar aquellas ideas personales e idiosincráticas construidas a partir de la experiencia personal y social. Seguidamente, los autores se llevó a cabo una entrevista colectiva o grupo focal, con el fin de escuchar a los participantes de una forma libre y espontánea. Como resultado encuentran que los obstáculos más marcados son el

⁵³ VILLADA-SALAZAR, C.P., *Op. Cit.*

⁵⁴ SANTAMARÍA, L.M., L. D. LLANOS, M. E. CORTES G. A. MARTÍNEZ M. N. URREA, C. BETANCOURT, H. GALINDO Y D. F. DEL RÍO. Obstáculos epistemológicos en la enseñanza del concepto de célula. *InvestigiumIRE*, 2012. vol. 3, no. 3, p. 38-52.

de tipo verbal y el de conocimiento general, seguidos de los pragmáticos y sustancialistas. Además, encuentran que muchas de las ideas previas no son ideas obstáculo y se pueden considerar como aprendizajes aproximados al conocimiento científico.

Para otra ciudad del país, Popayán; Rivera (2011)⁵⁵ en su tesis de maestría se propone construir una propuesta para la enseñanza del concepto célula a partir de su historia y epistemología con estudiantes de los grados cuarto y quinto de Educación Básica primaria. El autor define los elementos centrales para el análisis histórico epistemológico de la ciencia, realiza una revisión bibliográfica sobre la construcción del concepto célula, explora; mediante un cuestionario, las ideas previas que los estudiantes poseen sobre el concepto célula y con ello, finalmente construye la propuesta didáctica para la enseñanza del concepto. Entre sus resultados se encuentra que la mayor dificultad que presentan los estudiantes es reconocer a los seres vivos como seres constituidos por células, asignando carácter celular a los animales y no tanto a las plantas; la incompreensión de las funciones vitales en la célula y la representación de modelos planos los cuales han influido en la incompreensión biológica de la célula al imposibilitar la idea mental de célula tridimensional.

En este mismo sentido Núñez (2013)⁵⁶, a partir de la identificación de ideas previas acerca de la célula, en su tesis de maestría implementa una propuesta didáctica que involucró acercamiento con los procesos de división celular a través de prácticas de laboratorio en estudiantes de primer semestre de la cátedra de Biología General. Entre los resultados, la autora evidencia que un 90% de los estudiantes logró la formación de conceptos básicos (subsunoers) que prepararían las bases para una mejor apropiación de los procesos de división celular. No obstante, el 10%

⁵⁵ RIVERA, Diego Alexander. Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto célula a partir de su historia y epistemología. Tesis de Maestría. Santiago de Cali: Universidad del Valle. Instituto de Educación y Pedagogía, Área de Educación en Ciencias y Tecnología, 2011. 167 p.

⁵⁶ NÚÑEZ, D., *Op. Cit.*

de los estudiantes que no comprendió los conceptos básicos difícilmente pueden propiciar la formulación de conceptos más complejos en su estructura mental, limitando los alcances del conocimiento.

Otro estudio colombiano enfocado hacia el mejoramiento del proceso de enseñanza aprendizaje del concepto de célula es el que presenta Buitrago (2014)⁵⁷ en su tesis de maestría. La investigación se realiza con 20 estudiantes del grado sexto de bachillerato en Manizales, cuyas edades oscilan entre los 11 y 12 años. En una primera fase de la investigación, la autora elaboró un instrumento de exploración de ideas previas sobre célula, que contenía 18 preguntas que incluía situaciones cotidianas, esquemas sobre el concepto, afirmaciones y justificaciones. Los obstáculos identificados en esta investigación corresponden a que los estudiantes representan la célula como la imagen de un huevo, plana y estática, dificultad tanto para reconocer las estructuras principales y los organelos celulares con su función, como para reconocer las diferentes clases de células con sus características, desconocer los postulados de la teoría celular; los cuales no permiten a los estudiantes llegar a una evolución conceptual. Finalmente, a partir de estos hallazgos, la autora diseñó una unidad didáctica, la cual tuvo en cuenta cuatro aspectos: ideas previas, evolución conceptual, reflexión metacognitiva-evaluación y lenguaje.

Finalmente, dentro de la misma línea de indagación de presaberes alrededor del concepto célula, Santofimio (2014)⁵⁸ en su tesis de maestría se propone diseñar una estrategia de enseñanza que permita al estudiante el aprendizaje significativo

⁵⁷ BUITRAGO, María Alejandra. Enseñanza-aprendizaje del concepto de célula en estudiantes de básica secundaria. Tesis de Maestría. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2014. 143 p.

⁵⁸ SANTOFIMIO, Liliana. Diseño de una estrategia de enseñanza para el aprendizaje significativo de la estructura y función de la membrana celular para estudiantes de educación básica secundaria. Tesis de Maestría. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, 2014. 124 p.

del modelo mosaico fluido de la membrana celular y los tipos de transporte que se dan a través de ella. Su población de estudio correspondió a estudiantes del grado noveno de una institución es de carácter público ubicada en el oriente de la ciudad de Medellín. En la investigación la autora realizó un diagnóstico de los conocimientos previos de los alumnos, luego elaboró una unidad didáctica que incluyó los conceptos básicos que los estudiantes debían saber acerca de las propiedades y funciones de las macromoléculas, la membrana celular, y los diferentes tipos de transporte que ocurren a través de esta; y por último, aplicó la unidad didáctica y la evaluó. En su conclusión final, la autora explicita que la aplicación de la unidad didáctica permitió que los estudiantes no solo reconocieron las macromoléculas que forman los seres vivos, sino que también comprendieron la composición de la membrana celular y los tipos de transporte que ocurren a través de ella.

2.1.3. Contexto local. En el contexto local, Álvarez-Santoyo (1996)⁵⁹ en su tesis de maestría, identificó y analizó las representaciones que tenían del concepto célula 96 estudiantes de psicología de los niveles primero, segundo, cuarto y sexto semestre de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga. Para la autora, el abordaje de las representaciones tiene gran pertinencia porque se concede poca importancia al proceso que el estudiante debe realizar para lograr el acercamiento y apropiación del conocimiento científico a partir de la transformación de su conocimiento cotidiano en conocimiento académico.

En los hallazgos de Álvarez-Santoyo⁶⁰, los estudiantes de psicología ingresan a la universidad con representaciones mentales construidas a partir de experiencias individuales o sociales, circunstancia que incrementa la resistencia al cambio conceptual. No obstante, la autora plantea que dichas representaciones no siempre

⁵⁹ ÁLVAREZ-SANTOYO, L.M., *Op. Cit.*

⁶⁰ *Ibíd.*

se constituyen en un obstáculo, que es posible guiar la implementación de estrategias pedagógicas para que el estudiante construya su conocimiento.

En términos generales estos estudios, localizados en distintos lugares, evidencian que las concepciones alternativas respecto a conocimientos científicos en Biología aparecen en diversos contextos educativos y en cualquier cultura, sumándose como ejemplos al carácter universal que habían propuesto Pinto y colaboradores en 1996⁶¹ para las concepciones alternativas. El interés sobre las concepciones alternativas en la comunidad científica es muy alto, pues de estos conceptos derivan a dificultades procedimentales y conceptuales que impiden el aprendizaje significativo del estudiante y por ende el desarrollo de habilidades.

De los antecedentes expuestos anteriormente, con excepción de Villada-Salazar (2011)⁶², Rivera (2011)⁶³, Santamaría *et al.* (2012)⁶⁴, Santofimio (2012)⁶⁵, Núñez (2013)⁶⁶ y Buitrago (2014)⁶⁷, resalta el carácter declarativo respecto a las concepciones alternativas en el ámbito biológico que tienen los estudiantes en los diferentes niveles de formación y la ausencia de una propuesta didáctica que permita intervenir dichas concepciones. En este sentido, la presente propuesta de investigación pretende no solo determinar las concepciones alternativas respecto al concepto célula de docentes de ciencias naturales en formación inicial, sino llevar a cabo la intervención didáctica de dichas concepciones.

⁶¹ PINTO, R. *et al.*, *Op. Cit.*

⁶² VILLADA-SALAZAR, C.P., *Op. Cit.*

⁶³ RIVERA, D. A., *Op. Cit.*

⁶⁴ SANTAMARÍA, L. M., *et al.*, *Op. Cit.*

⁶⁵ SANTOFIMIO, L. P., *Op. Cit.*

⁶⁶ NÚÑEZ, D., *Op. Cit.*

⁶⁷ BUITRAGO, M. A., *Op. Cit.*

2.2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El marco teórico se direcciona a partir del aprendizaje significativo como teoría cognitiva y de las dificultades en la comprensión conceptual de las ciencias. Respecto al marco conceptual se describen aspectos como pensamiento crítico, competencias científicas y concepciones alternativas.

2.2.1. Teoría del Aprendizaje Significativo. La Teoría del Aprendizaje Significativo hace parte de la sicología educativa y se ocupa de lo que ocurre en el aula y de cómo facilitar los aprendizajes que en ella se generan; y aborda todos los elementos, factores y condiciones que garantizan la adquisición, la asimilación y la retención del contenido que la escuela ofrece al estudiante, de modo que adquiera significado para él mismo (Rodríguez-Palmero, 2008)⁶⁸ es decir, que lo pueda traducir a sus propias palabras y a su propia realidad (Pozo y Gómez-Crespo, 2006)⁶⁹. Según Novak (1991; p. 218)⁷⁰, el aprendizaje significativo es la base sobre la que descansa la integración constructiva del pensamiento, los sentimientos y los principales actos que conducen al enriquecimiento humano, y al respecto define cuatro aspectos que caracterizan el aprendizaje significativo (p. 219):

- ✓ Compromiso afectivo de relacionar los nuevos conocimientos con lo aprendido anteriormente,
- ✓ Aprendizaje relacionado con las experiencias adquiridas a través de hechos u objetos,
- ✓ Esfuerzo deliberado por enlazar los nuevos conocimientos con los conceptos más inclusivos de orden superior de la estructura cognoscitiva, e

⁶⁸ RODRÍGUEZ-PALMERO, María Luz. La Teoría del Aprendizaje Significativo en la Perspectiva de la Psicología Cognitiva. Barcelona. Editorial Octaedro, 2008. 223 p.

⁶⁹ POZO, José Ignacio y GÓMEZ-CRESPO, Miguel Ángel. Aprender y Enseñar Ciencia. Quinta Edición. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 2006. 332 p.

⁷⁰ NOVAK, Josep. D. Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador. En: Enseñanza de la Ciencias, 1991. vol. 9, no. 3, p. 215-228.

- ✓ Incorporación sustantiva, no arbitraria ni literal de nuevos conocimientos a la estructura cognoscitiva.

Conviene mencionar que, como condición para este aprendizaje, bajo la perspectiva ausbeliana, se requiere de predisposición para aprender; de material potencialmente significativo; que, a su vez, implica significatividad lógica de dicho material y que existan ideas de anclaje. Además, el aprendizaje significativo puede ser de tipo *representacional*, de *conceptos* y *proposicional* respecto al objeto aprendido; y de tipo *subordinado*, *superordenado* o *combinatorio* de acuerdo con la estructura jerárquica que presente la estructura cognitiva (Rodríguez-Palmero, 2008)⁷¹. Al respecto, se puede afirmar que el aprendizaje significativo de conceptos, que compete al presente estudio, se produce porque se genera una relación de subordinación de los nuevos contenidos con otros ya presentes en la estructura cognitiva.

Después de haber expuesto los puntos relevantes del aprendizaje significativo, es oportuno mencionar los dos aspectos que lo facilitan; en primer lugar, se requiere de prestar atención al contenido y a la estructura cognitiva a través de un análisis conceptual del contenido para identificar conceptos, ideas y procedimientos básicos con propósitos organizativos e integrativos, usando los conceptos y proposiciones unificadores del contenido de la materia de enseñanza que tienen mayor poder explicativo, inclusividad, generalidad y relacionalidad en este contenido. En segundo lugar, el aprendizaje debe emplear principios programáticos para ordenar secuencialmente la materia de enseñanza, respetando su organización y lógica internas y planificando la realización de actividades prácticas (Moreira, 1997; p. 18)⁷².

⁷¹ RODRÍGUEZ-PALMERO, M. L., *Op. Cit.*

⁷² MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizaje Significativo: Un Concepto Subyacente. En Moreira, M.A., Caballero, M.C. y Rodríguez, M.L. (orgs.). *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*. Burgos, España. 1997. p. 19-44. Traducción de Rodríguez-Palmero. [Consultado en: <http://www.if.ufrgs.br/~Moreira/apsigsubesp.pdf> , fecha de consulta 22 de junio de 2015].

2.2.2. Enseñanza de las ciencias. Todo momento educativo involucra procesos de enseñanza y aprendizaje, y cualquier proceso de enseñanza tiene por objetivo conseguir que todos los alumnos aprendan de forma significativa (Jorba y Sanmartí, 1996)⁷³, y para lograrlo es preciso definir los criterios que rigen dichos procesos y que influyen en las estrategias de intervención que se apliquen. Al respecto, Rajadell (2001)⁷⁴ presenta una síntesis de los ocho principios didácticos, los cuales se describen a continuación: 1) la comunicación como constituyente esencial del proceso educativo, 2) el principio de actividad que contempla la educación basada en estímulos, trabajo colectivo e investigación, 3) la individualización vista como la adaptación de la enseñanza al alumno, 4) la socialización para permitirle al estudiante interiorizar esquemas de conducta para desempeñarse dentro de una sociedad, 5) la globalización entendida como la búsqueda de la educación integral e interdisciplinaria, 6) el fomento de personas creativas, 7) apreciación reflexiva de fenómenos y 8) la apertura de la educación hacia la diversidad y la integración social.

Asimismo, en el aprendizaje de las ciencias se requiere de estrategias de enseñanza y aprendizaje que le permitan al estudiante acceder a formas de conocimiento que por sí mismas le serían ajenas o distantes para que ocurra la transición del conocimiento cotidiano al conocimiento científico (Pozo y Gómez-Crespo, 2006)⁷⁵. Así, aprender ciencia involucrará principalmente cambiar las concepciones previas por otras más científicas mediante el aprendizaje significativo (Pinto *et al.*, 1996)⁷⁶.

⁷³ JORBA, J. y N. SANMARTÍ., *Op. Cit.*

⁷⁴ RAJADELL, Núria. Los procesos formativos en el aula. Estrategias de enseñanza y aprendizaje. En: Sepúlveda, F. y N. Rajadell (coords.). *Didáctica General para Psicopedagogos*. Madrid. Editores de la UNED, 2001. p. 465-525.

⁷⁵ POZO, J. I. y M. A. GÓMEZ-CRESPO, *Op. Cit.*

⁷⁶ PINTO, R. *et al.*, *Op. Cit.*

2.2.3. Competencias científicas. De acuerdo con Daza *et al.* (2011)⁷⁷, la intervención de las concepciones alternativas sensoriales de los estudiantes introduce un enfoque científico en su exploración al mundo y, por lo tanto, favorecen el aprendizaje de las ciencias. Así, prácticas reiteradas en el conocimiento, estimuladas por procesos científicos graduales, permiten el desarrollo de habilidades que le promueven el resolver problemas específicos y a responder a necesidades de la sociedad.

En el Foro Educativo Nacional sobre Competencias Científicas, realizado en octubre de 2005, Quintanilla⁷⁸ define las dimensiones que integran una competencia científica en el *saber, hacer y ser* respecto a conocimientos, habilidades y valores relacionados con los conceptos propios de la ciencia. Respecto al saber, las habilidades desarrolladas corresponden a comprender, identificar, conocer, ser capaces de caracterizar tipologías e identificar teorías. La dimensión saber hacer se contemplan habilidades que van al campo de los procedimientos que se describen como adaptar, imaginar, desarrollar procesos prácticos, diseñar actividades experimentales, saber aplicar; y este último en relación a saber aplicar, es decir, saber transferir a un contexto similar o distinto un conocimiento que es coherente con ese saber en ese otro contexto; resolver tareas, procedimientos, trabajar con otros y trabajar en entornos diversos. Y en cuanto a los valores, se identifican actitudes que nos mueven a las competencias valóricas, sentido ético de la actividad científica, ser asertivos, tener sentido de la planificación del tiempo, del compromiso, de la solidaridad y de la responsabilidad.

⁷⁷ DAZA, Silvio Fernando; QUINTANILLA, Mario y ARRIETA, José Rafael. La cultura de la ciencia: contribuciones para desarrollar competencias de pensamiento científico en un encuentro con la diversidad. En: Revista Científica, 2011. vol. 14, p. 97-111.

⁷⁸ QUINTANILLA, Mario. ¿Qué cambia en la enseñanza y en los nuevos modelos de conocimiento? Foro Educativo Nacional sobre Competencias Científicas, 11-13 de octubre de 2005. Bogotá. [Disponible en: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-128237_archivo.pdf, fecha de consulta 22 de noviembre de 2015].

Adicional a las dimensiones propuestas por Quintanilla (2005)⁷⁹, Hernández (2005)⁸⁰, en el mismo foro, plantea que las competencias científicas son importantes dentro del proceso de formación integral de un ciudadano, en el que este aprende de ciencias a medida que se relacione con el otro y con el mundo que le rodea; un mundo transformado por los desarrollos tecnológicos y explicado y comprendido por las ciencias. Así pues, para Hernández, la formación en competencias se piensa para que las personas adquieran las herramientas para actuar de forma asertiva frente a un mundo impredecible que depende del contexto social y cultural.

- ✓ En este sentido, Hernández (2005; p. 46)⁸¹ define a las competencias como *“un conjunto de saberes, capacidades y disposiciones que hacen posible actuar e interactuar de manera significativa en situaciones [...] en las cuales se requiere producir, apropiar o aplicar comprensiva y responsablemente los conocimientos científicos”*. Y con esta definición, da un listado de competencias científicas pensadas en comprender y transformar el mundo, centradas en el contexto y la interacción con el otro:
- ✓ Capacidad de reconocer cuándo un fenómeno o un acontecimiento puede recibir explicación dentro del marco de una determinada ciencia.
- ✓ La capacidad de formular preguntas o plantear problemas acudiendo a los modos de representación de las ciencias.
- ✓ Capacidad de emplear los conocimientos para predecir efectos de las acciones y juzgar la validez de las mismas.
- ✓ Capacidad de aplicar el conocimiento adquirido a nuevos contextos situaciones.

⁷⁹ *Ibíd.*

⁸⁰ HERNÁNDEZ, Carlos Augusto. ¿Qué son las competencias científicas? Foro Educativo Nacional sobre Competencias Científicas, 11-13 de octubre de 2005. Bogotá. [Disponible en: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-128237_archivo.pdf, fecha de consulta 22 de noviembre de 2015].

⁸¹ *Ibíd.*, p. 46.

- ✓ Capacidad de perseverar en las preguntas reconocidas como legítimas valiosas, de realizar el esfuerzo necesario para avanzar en el campo abierto por esa pregunta.
- ✓ Capacidad de reconocer la existencia y la validez de diferentes formas de aproximación a los problemas atendiendo la naturaleza de los mismos y los intereses de la investigación,
- ✓ Capacidad de compartir conocimientos y de expresar de manera clara y coherente los propios puntos de vista.
- ✓ Capacidad de reconocer validez a otros puntos de vista y disposición para establecer acuerdos racionales.
- ✓ Capacidad de explorar condiciones y limitaciones de propio punto de vista y de analizar críticamente el sentido de las propias acciones,
- ✓ Sensibilidad para establecer relaciones justas y productivas con los otros y para reconocer matices, condiciones, diferencias y vínculos en la interacción con relación a los fenómenos y los acontecimientos.
- ✓ Capacidad para llevar una vida social en las que se reconozcan en las condiciones de contexto los valores de la crítica, la coherencia, el diálogo constructivo, la disposición a la cooperación y el deseo y la voluntad de saber, que caracterizan el ideal del trabajo de las ciencias.
- ✓ Capacidad de reconocer las limitaciones de los modelos y la historicidad de las interpretaciones y flexibilidad para cambiar de perspectiva o de estrategia de trabajo cuando un análisis cuidadoso lo exija.

En el mismo marco conceptual, PISA 2006 define la competencia científica respecto a las siguientes habilidades del individuo (OCDE, 2008; p. 39)⁸²:

⁸² ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS OCDE. Informe PISA 2006. Competencias Científicas para el Mundo del Mañana. Santillana, 2008. 397 p. [Disponible en: http://www.educacion.navarra.es/documents/27590/27758/PISA2006_Informe_internacional_CAST.pdf/4b2aa134-5a04-419b-8808-e1b427e2a8a4, fecha de consulta 22 de noviembre de 2015].

- ✓ Conocimiento científico y utilización de ese conocimiento para identificar cuestiones, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y sacar conclusiones a partir de pruebas en problemas relacionados con las ciencias.
- ✓ Comprensión de los rasgos característicos de las ciencias como forma humana de conocimiento e investigación.
- ✓ Conciencia de cómo las ciencias y la tecnología dan forma a entornos materiales, intelectuales y culturales.
- ✓ Voluntad de involucrarse como ciudadano reflexivo en cuestiones relacionadas con las ciencias y con las ideas científicas. Esto se refiere al valor que los alumnos otorgan a las ciencias, tanto en los temas como en el enfoque científico para comprender el mundo y resolver problemas.

Así pues, la prueba PISA tiene como propósito evaluar las destrezas, la comprensión de conceptos y la capacidad para responder a diversas situaciones en cada área evaluada, en función de las necesidades para una vida cotidiana en la adultez, y cuyos indicadores reflejan el rendimiento de los sistemas educativos respecto a la preparación de los jóvenes para continuar aprendiendo a lo largo de la vida y puedan vincularse activamente en la sociedad (Acevedo-Díaz, 2005)⁸³.

2.2.4. Pensamiento crítico. Para Richard Paul y Linda Elder (2003, p. 4)⁸⁴, “el pensamiento crítico es ese modo de pensar –sobre cualquier tema, contenido o problema- en el cual el pensamiento mejora la calidad de sus pensamientos al apoderarse de las estructuras inherentes del acto de pensar y al someterlas a

⁸³ ACEVEDO-DÍAS, José Antonio. TIMSS Y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. 2005. En: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2005. vol. 2, no. 3, p. 282-301.

⁸⁴ PAUL, Richard y ELDER, Linda. La Mini-guía para el Pensamiento Crítico. Conceptos y Herramientas. Fundación para el Pensamiento Crítico, 2003. 26 p. [Consultado en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/551055/UNIDAD_TRES/mini_guia_del_pensamiento_critico.pdf, fecha de consulta 22 de noviembre de 2015].

estándares intelectuales. El resultado es un pensador crítico y ejercitado que formula problemas y preguntas vitales con claridad y precisión; acumula y evalúa información relevante y usa ideas abstractas, llega a conclusiones y soluciones, probándolas con criterios y estándares relevantes; piensa con una mente abierta y se comunica efectivamente. En resumen, el pensamiento crítico es autodirigido, autodisciplinado, autorregulado y autocorregido. Supone someterse a rigurosos estándares de excelencia y dominio consciente de su uso. Implica comunicación efectiva y habilidades de solución de problemas y un compromiso por superar el egocentrismo y sociocentrismo naturales del ser humano”.

Resulta entonces necesario, tal como lo plantean Wals y Paul (1989)⁸⁵ y Boisvert (2004)⁸⁶ que la formación del individuo no solo debe estar influenciada por la instrucción y desarrollo de habilidades sino en el pensar críticamente; lo cual requiere de una alta dosis de actividad intelectual, autonomía, flexibilidad y escepticismo. En este sentido, autores como Bailin *et al.* (1999; p. 294-295)⁸⁷ resaltan una variedad de actitudes y hábitos mentales requeridos por los pensadores críticos como son el respeto por las razones y la verdad; una actitud inquisitiva; disposición a oponerse al juicio y a buscar nuevas pruebas o puntos de vista cuando la evidencia existente es inadecuada o contenciosa y la voluntad de revisar su punto de vista si la evidencia lo justifica; equidad (compromiso con la comprensión y consideración justa de puntos de vista alternativos, disposición a buscar evidencia o razones que puedan contradecir la opinión de uno); independencia mental; respeto por los demás en la investigación y deliberación colectiva; respeto de la autoridad intelectual legítima y una ética del trabajo intelectual. A estas actitudes pueden sumarse la curiosidad intelectual, la objetividad, la persistencia y la decisividad; que en su momento fueron identificadas

⁸⁵ WALSH, D. y R. W. PAUL., *Op. Cit.*

⁸⁶ BOISVERT, J., *Op. Cit.*

⁸⁷ BAILIN, Sharon; CASE, Roland, COOMBS, Jerrold y DANIELS, Leroi. Conceptualizing critical thinking. *En*: Journal of Curriculum Studies, 1999. vol. 31, no. 3, p. 285-302.

por D'Angelo (1971 en Wals y Paul, 1989)⁸⁸ como importantes en el desarrollo del pensamiento crítico.

En este sentido, de acuerdo con Boisvert (2004; p. 25-27)⁸⁹ la importancia de ejercer el pensamiento crítico es una necesidad del individuo que está relacionada con las innumerables informaciones que caracterizan el contexto social, y que desempeña una función esencial en la operación de los individuos y de la sociedad en su conjunto como un medio de asegurar el progreso.

2.2.5. Dificultades en el aprendizaje de las ciencias. En el presente trabajo, la idea de dificultades se analiza exclusivamente como obstáculos de origen epistemológico, y no como aquellos que dependen de las limitaciones cognitivas propias del sujeto. Así pues, hablar de dificultades en el aprendizaje de las ciencias involucra no solo las deficiencias conceptuales en el aprendizaje debidas a las concepciones alternativas; las cuales serán tratadas en el siguiente apartado; sino también, las debidas a formas de razonamiento de sentido común, las metodológicas y las debidas a las actitudes negativas (Solbes, 2009)⁹⁰.

A continuación, siguiendo la descripción que hace Solbes (2009; p. 6-9)⁹¹, se describen estas dificultades:

- ✓ *Dificultades debidas a formas de razonamiento de sentido común:* Estas dificultades obedecen a estrategias de razonamiento utilizadas por los estudiantes, que se caracterizan porque estos relacionan ideas de un campo con actividades de mayor complejidad de otro. Es decir, el estudiante trata de solucionar el problema razonando de forma local más simple sin pensar en una estrategia más compleja de tipo holístico.

⁸⁸ D'ANGELO, Edward. The Teaching of Critical Thinking. B.R. Gruner N.V. Amsterdam: 1971.

⁸⁹ *Op. Cit.*, p. 25-27

⁹⁰ SOLBES, J., *Op. Cit.*

⁹¹ *Ibíd.*, p. 6-9

- ✓ *Dificultades metodológicas*: Surgen por la implementación de la visión rígida del método científico en la enseñanza de las ciencias y, como consecuencia, por la demarcación de lo que es y no es ciencia.
- ✓ *Dificultades debidas a las actitudes negativas*: Estas se centran en la dimensión propiamente afectiva que impregna el clima de aula. Las actitudes son motores que impulsan el aprendizaje de las ciencias, pero también obstáculos si dichas actitudes son negativas, ya que en este último caso pueden ir en detrimento de la motivación y sin ésta el aprendizaje no es posible. Por otra parte, las actitudes tienen implicaciones en la forma de comportarse los alumnos en clase y fuera de ella y, por tanto, son uno de los elementos que más pueden obstaculizar (o favorecer) el trabajo cotidiano del profesorado.

2.2.6. Concepciones alternativas. Pozo y Gómez-Crespo (2006, p. 97)⁹², definen las concepciones alternativas como una manifestación del no aprendizaje de las ciencias en los estudiantes, que tiene dimensiones actitudinales, procedimentales y conceptuales que llevan la desconexión entre el conocimiento que los alumnos generan para dar sentido al mundo que les rodea y el conocimiento científico, es decir que de algún modo son el resultado del “sentido común” aplicado a la predicción y función de los fenómenos científicos.

Aunado a esto, Osborne y Freyberg consideran que estas representaciones y su influencia en el aprendizaje de las ciencias, tiene su origen las representaciones infantiles, “pues los niños consideran sus propios enfoques y los significados que ellos dan a los términos científicos, más sensatos y útiles que las ideas que les presentan sus profesores” (1998, p. 14)⁹³ y que los autores denominan ciencia de

⁹² POZO, J. I. y M. A. GÓMEZ-CRESPO, *Op. Cit.*

⁹³ OSBORNE, Roger y FREYBERG, Peter. *El Aprendizaje de las Ciencias: Influencia de las “Ideas Previas” de los Alumnos*. Tercera Edición. Madrid. Narcea S.A. de Ediciones, 1998. 304 p.

los alumnos. De igual forma, estos autores puntualizan respecto a la naturaleza de las de las ideas científicas de los alumnos en los siguientes tres aspectos:

1. Desde una edad muy temprana, y antes de cualquier enseñanza y aprendizaje de tipo formal en materia de ciencias, los niños elaboran significados de muchas palabras que se utilizan en la enseñanza de las ciencias, y representaciones del mundo que se relacionan con las ideas científicas que se enseñan.
2. Las ideas de los niños suelen ser mantenidas con firmeza, aun cuando los profesores no sean muy conscientes de ello, y a menudo resultan significativamente distintas de los enfoques de los hombres de ciencia.
3. Estas ideas son sensatas y coherentes desde el punto de vista infantil, y con frecuencia permanecen sin percibir la influencia (o pueden ser influenciadas de maneras no previstas) por la enseñanza de la ciencia (p. 32)⁹⁴.

En general, como humanos generamos ideas que nos permiten predecir y controlar sucesos, aumentando nuestra adaptación a los mismos; por lo cual los orígenes y la persistencia obedecen a tres vías (Carrascosa, 2005a⁹⁵; Pozo y Gómez-Crespo, 2006⁹⁶), entre ellas:

- ✓ Las de *carácter sensorial* generadas de forma espontánea para obedecer a las experiencias físicas cotidianas y que intentan dar significado;
- ✓ Las de *carácter cultural* generadas por influencia del lenguaje de la calle, oral y escrito de las personas como de los medios de comunicación con significados que pueden variar respecto al científico, y
- ✓ Las de *carácter escolar*, que provienen de errores de libros de texto, que algunos profesores tengan las mismas ideas alternativas que sus alumnos o bien que desconozcan este problema y no lo tengan en cuenta, la utilización de estrategias de enseñanza poco adecuadas de ciertos conceptos que

⁹⁴ *Ibíd.*, p. 32

⁹⁵ CARRASCOSA, J. A., *Op. Cit.*

⁹⁶ POZO, J. I. y M. A. GÓMEZ-CRESPO, *Op. Cit.*

conducen a una comprensión errónea, desviada, por parte de los estudiantes que reflejan la información o la interpretación recibida.

Sea cual sea el origen, los estudiantes traen al aula su propio conocimiento conceptual, y con ello sus actitudes y procedimientos, respecto al mundo que les rodea. En términos de Pozo y Gómez-Crespo (2006; p. 97)⁹⁷, esas interpretaciones corresponderían al mesocosmos, es decir al mundo delimitado espaciotemporalmente, y son las que se enfrentan en el aula de clases con la “realidad virtual” del microcosmos (células, partículas y otras entidades mágicas y no observables) y del macrocosmos (modelos idealizados, basados en leyes universales, no vinculados a realidades concretas, cambios biológicos y geológicos que se miden en miles, sino millones de años, sistemas en interacción compleja, etc.) que el docente de ciencia les presenta. Solo una relación explícita entre estas tres escalas de análisis de la realidad, basada precisamente en su diferenciación, puede ayudar a los alumnos a comprender el significado de los modelos científicos y a interesarse por ellos.

Dada la utilidad de las concepciones en la cotidianidad, resultan de difícil erradicación; sin embargo, son uno de los focos de importancia en la didáctica, y como resultado de ese interés, ha sido posible obtener un consenso respecto los rasgos que las caracterizan. Al respecto, Pinto *et al.* (1996)⁹⁸, Carrascosa y Gil (2004)⁹⁹ y Pozo y Gómez-Crespo (2006; p.96)¹⁰⁰ proponen que las concepciones alternativas son *persistentes* (se mantienen incluso tras muchos años de intuición de forma estable y por lo mismo son uno de los aspectos de mayor preocupación),

⁹⁷ *Ibíd.*, p. 97

⁹⁸ PINTO, R. *et al.*, *Op. Cit.*

⁹⁹ CARRASCOSA, Jaime y GIL, Daniel. Concepciones alternativas y sus implicaciones didácticas: una contribución fundamental a la renovación de la enseñanza de las ciencias. p. 123-158. *En: Didáctica de las Ciencias: Nuevas Perspectivas*. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, 2004, 641 p. [Disponible en: <http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/images/didaticasdelasciencias2004.pdf>].

¹⁰⁰ POZO, J. I. y M. A. GÓMEZ-CRESPO, *Op. Cit.*, p. 96

generalizadas o universales (las comparten personas de diversas culturas, edades y niveles educativos), de *carácter más implícito* que explícito (los alumnos las utilizan pero muchas veces no pueden verbalizarlas), relativamente *coherentes* (ya que el alumno las usa para afrontar situaciones diversas o bien porque parecen provenir de una asimilación inadecuada de la instrucción recibida) y que en algunos casos guardan una notable similitud con concepciones ya superadas en la propia historia de las disciplinas científicas.

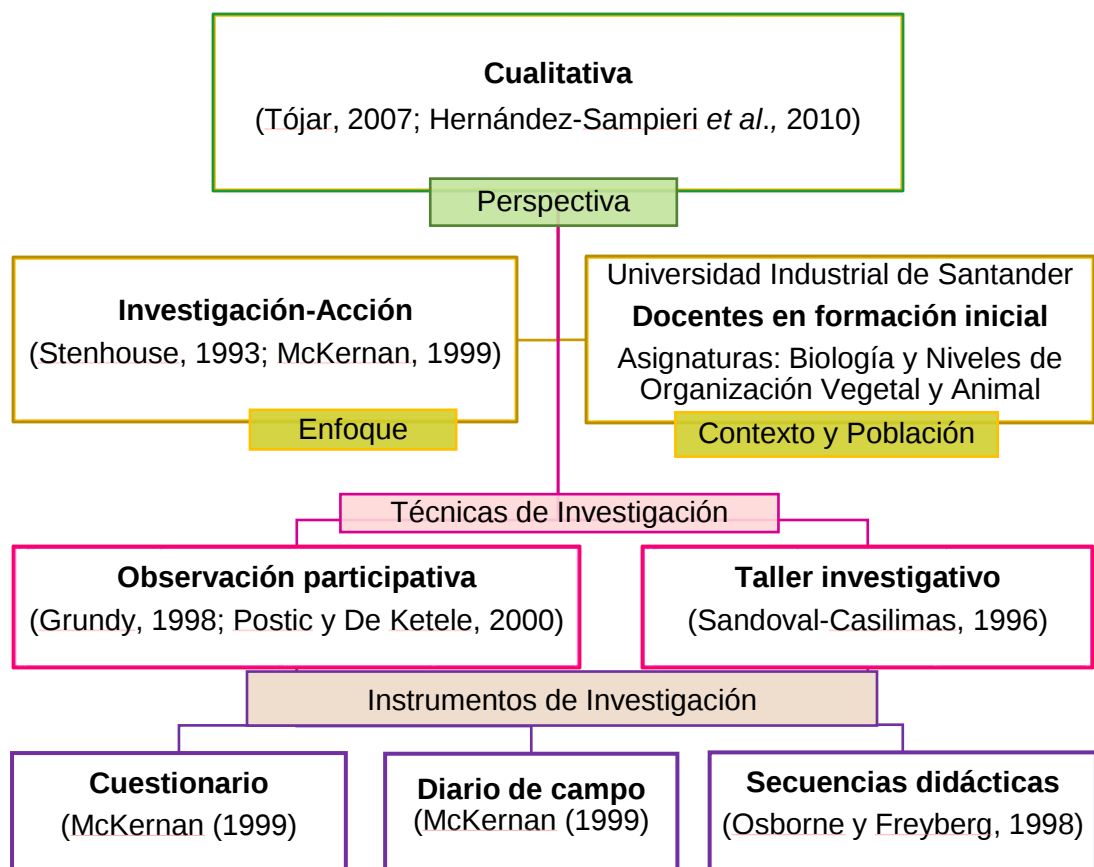
Para Carrascosa y Gil (2004; p. 127)¹⁰¹ el estudio de las concepciones alternativas se justifica con el deseo de todo profesor a comunicarse con sus estudiantes; el interés intrínseco que supone el hecho de enfrentarse con ideas tan insistentes y difíciles de cambiar que pueden afectar los conceptos claves que hay que enseñar o la posibilidad de investigar sobre el tema en la propia aula. Adicionalmente, para comprender y salir al paso de las dificultades de los estudiantes, de conocer las concepciones que estos ya poseen; interesándose por buscar las causas y en la elaboración de estrategias de enseñanza adecuadas para conseguir su cambio por las ideas científicas que se quiere enseñar.

¹⁰¹ CARRASCOSA, J. y D. GIL., *Op. Cit.*

3. DISEÑO METODOLÓGICO

En esta sección se presentan todos los elementos del diseño metodológico que permitieron el desarrollo del proyecto de investigación. En primer lugar, se definen los aspectos que ubican el proyecto en la perspectiva cualitativa. Luego, se da lugar a las características que concretizan el estudio dentro del marco de la investigación acción y se delimitan el contexto y la población participante. Posteriormente, se describen las técnicas e instrumentos implementados desde el inicio de la investigación, para finalizar describiendo proceso metodológico y la forma de analizar los datos. A continuación, en la Figura 1, se presenta el esquema general del diseño metodológico:

Figura 1. Esquema general del diseño metodológico.



3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio fue abordado bajo la perspectiva de la investigación cualitativa, pues se buscó interpretar, analizar e intervenir un problema, detallando las experiencias únicas de un grupo social. Para autores como Hernández-Sampieri *et al.* (2010)¹⁰², la investigación cualitativa incluye concepciones, visiones, técnicas y estudios que permiten descubrir y refinar preguntas de investigación para reconstruir la realidad tal y como la observan los actores sociales. Además, Tójar (2007; p. 10)¹⁰³ expone que en este tipo de investigaciones se rescata el valorar éticamente los fenómenos a observar.

Como características propias de la investigación cualitativa, se resalta que el proceso metodológico es de tipo circular, en el cual las etapas a realizar interactúan entre sí y no siguen una secuencia rigurosa, es decir, que la indagación cualitativa es flexible y dinámica, pues permite la movilidad entre los eventos y su interpretación, entre las respuestas y el desarrollo de la teoría, esto en función de comprender lo mejor posible el fenómeno observado (Hernández-Sampieri *et al.*, 2010; p. 19)¹⁰⁴.

3.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El enfoque del presente estudio fue de investigación-acción, pues se buscó comprender un problema en el aula para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en la misma, a través del perfeccionamiento y mejoramiento de la práctica docente. Esta elección es coherente con la definición que da cuenta Elliott

¹⁰² HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. Quinta edición. México. McGraw-Hill, 2010.

¹⁰³ TÓJAR, Juan Carlos. 2006. Investigación Cualitativa: Comprender y Actuar. Madrid, Editorial Muralla, S.A., 2006. 392 p.

¹⁰⁴ HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., *et al.* Op. Cit., p. 19

(1981, citado por McKernan, 1999)¹⁰⁵ al proponer la investigación-acción como el estudio de una situación social con miras a mejorar la calidad de la acción dentro de ella, y a la delimitación del propósito que hace McKernan (1999)¹⁰⁶ al respecto, quien dice que este enfoque pretende resolver los problemas diarios inmediatos y urgentes de los profesionales en ejercicio.

En consecuencia, posterior a Elliott pero previo a McKernan, Stenhouse (1993; p. 81)¹⁰⁷ se pregunta cómo puede contribuir la investigación al perfeccionamiento de la enseñanza, y concluye que ese perfeccionamiento solo es posible si se ofrecen conclusiones provisionales que funcionen como hipótesis que pueden ser puestas a prueba por parte del profesor; o bien, si se ofrece descripciones de casos lo suficientemente ricos como para proporcionar un contexto comparativo en el que juzgar el propio caso. Así pues, la investigación-acción impregna de gran responsabilidad al profesor, pues lo posibilita como orientador, pero a su vez como investigador (Stenhouse, 1993; p.89)¹⁰⁸, o en palabras de McKernan (1999)¹⁰⁹, como un profesional reflexivo en ejercicio.

En el sentido mismo de la investigación, es posible plantearse momentos o etapas que consideren a la investigación-acción como un proceso práctico, técnico y reflexivo. Al respecto conviene presentar el *modelo de proceso temporal* de McKernan, en el que el autor define tres momentos que se representan en ciclos de acción que pueden repetirse hasta que la investigación finalice: Una *primera etapa* se ubica en el diagnóstico, que consiste en la identificación de una situación problema que requiere mejora y una evaluación de necesidades que involucra

¹⁰⁵ ELLIOT, Citado en: MCKERNAN, J. Investigación-acción y Curriculum. Métodos y Recursos para Profesionales Reflexivos. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 1999. 311 p.

¹⁰⁶ MCKERNAN, James. Investigación-acción y Curriculum. Métodos y Recursos para Profesionales Reflexivos. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 1999. 311 p.

¹⁰⁷ STENHOUSE, Lawrence. La Investigación Como Base de Enseñanza. Segunda Edición. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 1993. 183 p.

¹⁰⁸ *Ibid.*, p. 89

¹⁰⁹ MCKERNAN, J., *Op. Cit.*

establecer las limitaciones que impiden el progreso. Una *segunda etapa* se centra en la intervención para tratar de atender las necesidades, para lo cual conviene plantear ideas sobre estrategias que se organizan en un plan de acción y ser ejecutadas en la práctica. Mientras el plan se ejecuta, hay evaluación continua de las acciones para tomar las medidas o ajustes necesarios respecto a lo que se ha aplicado, obtenido y aprendido, dando paso a la *tercera etapa*; en la que se reflexiona respecto a las acciones tomadas y se toma decisiones respecto al replanteamiento o no de estas (McKernan,1999; p. 48-50)¹¹⁰.

Expuestos los aspectos más sobresalientes de la investigación-acción, vale la pena describir el porqué de la pertinencia de la misma en el presente estudio. La investigación en particular se llevó a cabo con una población de docentes en formación inicial, es decir que hay un contexto de naturaleza social en el que se ha identificado un problema que hace referencia a las dificultades conceptuales y procedimentales respecto a la célula y que obedece inicialmente a las concepciones previas de estos docentes. Es decir que la población y el problema a tratar se ubican en un contexto que presenta las condiciones para que el diagnóstico, la intervención y la reflexión, etapas propias de la investigación-acción, puedan desarrollarse a cabalidad.

3.3. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se llevó a cabo en la sede principal de la Universidad Industrial de Santander – UIS, ubicada en la Carrera 27 con Calle 9 de la ciudad de Bucaramanga.

La UIS es una Institución de Educación Superior de carácter oficial, del orden departamental, acreditada por el Ministerio de Educación como institución de alta

¹¹⁰ *Ibíd.*, p. 48-50

calidad (MEN, 2014; resolución No. 5775)¹¹¹, que ofrece servicios educativos en programas de pregrado, especialización, maestría y doctorado; y enmarca su estructura organizacional en torno a los saberes en cinco facultades: Ingenierías Fisicomecánicas, Ingenierías Fisicoquímicas, Ciencias, Salud y Humanidades; todas ellas centradas en la docencia, investigación y extensión (Arenas y Monroy, 2015; UIS en cifras)¹¹².

La Facultad de Humanidades ofrece 10 programas académicos, dentro de los cuales se encuentra el programa de la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Esta licenciatura fue creada bajo el acuerdo No. 135 del Consejo Académico en octubre 10 de 2000, y actualmente cuenta con el Registro Calificado otorgado por el Ministerio de Educación Nacional en resolución No. 7531 de agosto 31 de 2010 (Arenas y Monroy, 2015; UIS en cifras: p. 21)¹¹³.

3.4. POBLACIÓN PARTICIPANTE

La población que participó en el estudio correspondió a 30 profesores en formación inicial, estudiantes de quinto semestre de la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Durante la investigación, la cual se desarrolló en los semestres académicos 2016-1 y 2016-2, los estudiantes estaban cursando las asignaturas *Biología y Niveles de Organización Vegetal y Animal*. Vale la pena aclarar que estos estudiantes han cursado su ciclo básico en

¹¹¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Resolución No. 5775. (21 de abril de 2014). Por medio de la cual se renueva la acreditación institucional de alta calidad a la Universidad Industrial de Santander en la ciudad de Bucaramanga – Santander. [Consultado en: http://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/rectoria/acreditacionInstitucional/Resolucion_5775_2014_RenovacionAcreditacionInstitucional.pdf, fecha de consulta 25 de octubre de 2015].

¹¹² ARENAS, P. y R. MONROY. La UIS en cifras 2014. Dirección de Planeación de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. 2015. [Consultado en: <http://www.uis.edu.co/planeacion/plantillas/detalleCifras.jsp?codigoPeriodo=47>, fecha de consulta 1 de noviembre de 2015].

¹¹³ *Ibíd.*, p. 21

las Escuelas Normales Superiores de la región que se encuentran en convenio con la Universidad y por tal razón, ingresaron al quinto semestre del proceso formativo previo estudio y homologación de asignaturas.

Cabe resaltar que, previo a cualquier registro de información, los estudiantes fueron consultados respecto a su interés por participar o no en la investigación. En dicha consulta, posterior a la socialización, se les presentó el consentimiento informado para que quienes estuviesen dispuestos a hacer parte del proyecto procedieran a firmarlo (ver Anexo A).

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Dentro del enfoque de investigación-acción, la observación es una actividad fundamental. Como técnica de investigación, la observación tiene ventajas y desventajas. Al respecto, McKernan (1999; p. 82)¹¹⁴ y Postic y De Ketele (2000)¹¹⁵ muestran como ventajas el que la observación se desarrolla en un ambiente natural, que el observador puede tomarse todo el tiempo que necesite para obtener una muestra representativa del comportamiento; y así asegurar tendencias y conductas representativas, además de poder tomar notas sobre la conducta no verbal como el movimiento y los gestos faciales y corporales. En palabras de Grundy (1998; p. 216)¹¹⁶, “el momento de observación en la investigación-acción práctica y en la emancipadora sirve para conservar elementos del momento de acción para una reflexión posterior en vez de para mediarlos en cuanto se producen. Así la observación convierte un hecho en un texto”. En cuanto a las desventajas, McKernan destaca que la presencia de un observador puede ser un agente que

¹¹⁴ MCKERNAN, J., *Op. Cit.*, p. 82

¹¹⁵ POSTIC, Marcel y DE KETELE, Jean-Marie. *Observar las Situaciones Educativas*. Tercera Edición. Madrid. Narcea S.A. de Ediciones, 2000. 261 p.

¹¹⁶ GRUNDY, Shirley. *Producto o Praxis del Currículum*. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 1998. 281 p.

distorsione el comportamiento en el entorno, que datos masivos con frecuencia son difíciles de codificar y que el tamaño de muestra pequeño limita que el debate de los resultados se haga fuera de ese contexto y por lo mismo no pueda ser generalizado.

En el presente estudio se realizó observación participante, pues la investigadora fue la docente titular de las asignaturas “*Biología*” y “*Niveles de Organización Vegetal y Animal*” fue la investigadora. Como instrumento durante este proceso, se siguió el diario de campo, en el cual se hizo registro sistemático de los datos tratando de no perder detalle de los eventos que ocurrieron en el aula. Para McKernan (1999; p. 84, 106)¹¹⁷, es condición que el registro escrito incluya tanto información objetiva (hechos o acontecimientos) como meditaciones subjetivas en forma de creencias o sentimientos, de modo que se puedan evaluar las acciones docentes, las intenciones, los resultados y los efectos secundarios no anticipados o los objetivos logrados.

La fase de diagnóstico tuvo lugar durante el semestre 2016-1, en el desarrollo de la asignatura “*Biología*”, asignatura del quinto semestre del programa académico, y que como ya se referenció anteriormente, fue orientada por la investigadora. Durante esta fase se aplicó un cuestionario de indagación de saberes previos como instrumento, el cual indagó acerca de las concepciones alternativas en los estudiantes.

De otro lado, las **fases de intervención y reflexión** se realizaron en el curso de la asignatura “*Niveles de Organización Vegetal y Animal*” del programa de la licenciatura durante el semestre 2016-2, la cual la también fue orientada la investigadora; por lo que el tipo de observación fue participativa. La técnica utilizada fue el taller investigativo, el cual permitió abordar la problemática paso a paso y

¹¹⁷ MCKERNAN, J., *Op. Cit.*, p. 106

reflexionar frente a las líneas de acción tomadas. Para Sandoval-Casilimas (1996; p. 146)¹¹⁸, en la dinámica del taller el proceso avanza más allá del simple aporte de información porque identifica líneas de acción que pueden transformar la situación objeto de análisis que permitan avanzar hacia el establecimiento de un plan de trabajo que haga efectivas esas acciones y que usualmente involucran el compromiso directo de los actores que allí participan.

Para efectos de la investigación, el diseño de secuencias didácticas fue el instrumento utilizado en la realización del taller. Autores como Osborne y Freyberg (1998)¹¹⁹, Zabala (2006)¹²⁰, Frade (2009)¹²¹, Tobón *et al.* (2010)¹²², entre otros; definen a las secuencias como la reunión articulada de actividades de aprendizaje y evaluación mediadas por el docente, para conseguir unos objetivos educativos. En este aspecto, conviene hacer referencia a la Unidad Didáctica como la reunión de secuencias didácticas que, de acuerdo con Torres (2006; p. 221)¹²³, no solo promueven en un determinado grupo de estudiantes procesos de enseñanza y aprendizaje que los llevan a aprender contenidos, conceptos y procedimientos específicos, sino también, de motivar y desarrollar destrezas que les permita establecer relaciones e interacciones con esos y otros contenidos culturales.

¹¹⁸ SANDOVAL-CASILIMAS, Carlos. Investigación Cualitativa. Módulo 4. 331 p. En: Briones *et al.* Especialización en Teoría, Métodos y Técnicas de Investigación Social. Bogotá. ICFES. 1996.

¹¹⁹ OSBORNE, R. y P. FREYBERG., *Op. Cit.*

¹²⁰ ZABALA, Antoni. La Práctica Educativa. Cómo Enseñar. Decimoprimer Edición. México. GRAÓ, 2006. 233 p.

¹²¹ FRADE, Laura. Planeación por Competencias. Segunda Edición. México. Inteligencia Educativa, 2009. 80 p.

¹²² TOBÓN, Sergio; PIMIENTA, Julio y GARCÍA, Juan. Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias. México. Pearson Educación, 2010. 216 p.

¹²³ TORRES, Jurjo. Globalización e Interdisciplinariedad: el Curriculum Integrado. Quinta Edición. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 2006. 278 p.

3.6. PROCESO METODOLÓGICO

De acuerdo con McKernan (1999)¹²⁴, y como ya se mencionó antes, los procedimientos propios de la investigación-acción se estructuran en tres momentos o etapas: *diagnóstico*, *intervención* y *reflexión*, por lo que el presente estudio involucró las tres etapas, las cuales se describen a continuación y se esquematizan la Figura 2:

✓ **Fase de diagnóstico.** En esta fase se buscó indagar acerca de las concepciones alternativas que tenían los docentes en formación inicial respecto a la estructura y funcionamiento de la célula y delimitar el problema mediante la evaluación de las necesidades conceptuales y procedimentales, y determinación de la relación que hay entre las concepciones alternativas y las dificultades en la comprensión de la célula. En este sentido, las acciones se hicieron en el siguiente orden: primero se diseñó y aplicó el cuestionario de indagación; en segundo lugar, se analizó las respuestas expresadas por los estudiantes; en tercer lugar, se determinó las necesidades conceptuales y procedimentales respecto al concepto célula y en un cuarto momento se revisó y replanteó del problema.

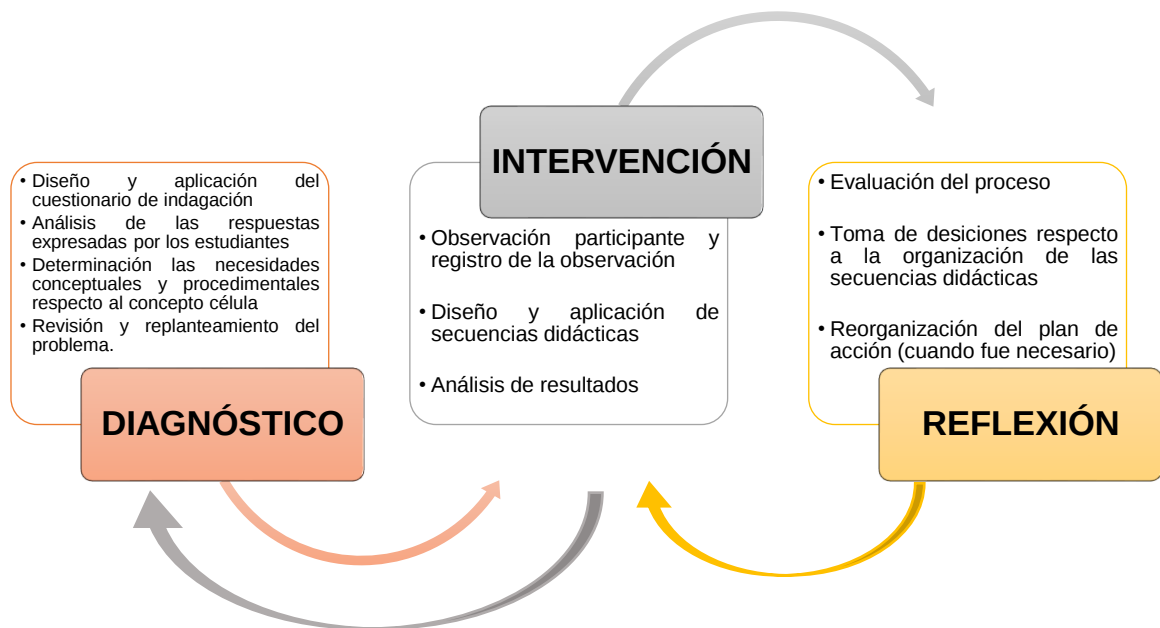
✓ **Fase de intervención.** Delimitado el problema y definidas las necesidades, se procedió a intervenir las dificultades conceptuales y procedimentales mediante la aplicación de talleres de investigación. Los resultados de estos talleres fueron importantes en la reflexión, la cual fue continua y permitió hacer los ajustes necesarios en el plan de acción a medida que se avanzó en la intervención. El instrumento que guio el desarrollo de los talleres fue la secuencia didáctica, tal como se señaló anteriormente. La estructura de estas secuencias siguió la propuesta de

¹²⁴ MCKERNAN, J., *Op. Cit.*

Osborne y Freyberg (1998)¹²⁵ en la enseñanza de las ciencias. En concreto, el plan de acción se ejecutó en el siguiente orden: de entrada, observación participante y registro de la observación; luego, diseño y aplicación de secuencias didácticas y después, análisis de resultados.

✓ **Fase de reflexión.** Puesto en acción el plan, y con los resultados parciales del taller, se evaluó el proceso para tomar decisiones respecto a la organización de las siguientes secuencias didácticas; y cuando fue necesario, la reorganización del plan de acción.

Figura 2. Estructura del proceso metodológico desarrollado durante la investigación.



¹²⁵ OSBORNE, R. y P. FREYBERG., *Op. Cit.*

3.7. ANÁLISIS DE DATOS

Teniendo en cuenta que en el presente estudio se tuvo información de fuentes y métodos diferentes, el análisis de la misma se hizo por triangulación metodológica. Hernández-Sampieri *et al.* (2010)¹²⁶ plantean que la triangulación es uno de los métodos disponibles para incrementar la credibilidad del estudio y eliminar las fuentes de invalidación, además de que puede ser utilizada para confirmar la corroboración estructural y la adecuación referencial. En este sentido, Postic y De Ketele (2000; p. 145)¹²⁷ ya habían propuesto que es necesario estructurar el conjunto de los hechos recogidos para poder hacer comparaciones de los resultados obtenidos con los de otras investigaciones realizadas en situaciones diferentes, aun cuando los observadores empleen métodos muy diferentes de acercamiento a los fenómenos.

Respecto a la triangulación metodológica, esta tiene como característica básica que se pueden combinar dos o más estrategias de investigación diferentes en el estudio de un mismo fenómeno (Arias, 2000)¹²⁸; característica que exige rigurosidad en el manejo de los datos. En relación, Goetz y LeCompte (1988; p. 177)¹²⁹ proponen un esquema de organización de los datos que involucra crear y perfeccionar constructos y categorías y elaborar tipologías de elementos tal como los perciben los participantes. Así, en palabras de estos autores, la categorización requiere que el investigador describa lo que observa, determine las propiedades y atributos que comparten las unidades de datos de una categoría mediante la reunión de los datos y análisis sistemático de su contenido; que las propiedades de una categoría se descubren elaborando una lista de las semejanzas de las unidades analíticas

¹²⁶ HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., *et al.*, *Op. Cit.*

¹²⁷ POSTIC, M. y DE KETELE, J.M., *Op. Cit.*, p. 145

¹²⁸ ARIAS, María Mercedes. La triangulación metodológica: sus principios, alcances y limitaciones. *En: Investigación y Educación en Enfermería*, 2000. vol. XVIII, no. 1, p. 13-26.

¹²⁹ GOETZ, Judith Preissle. y LECOMPTE, Margaret Diane. *Etnografía y Diseño Cualitativo en Investigación Educativa*. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 1988. 280 p.

incluidas en ella y de sus diferencias a otras de unidades no pertenecientes a la categoría; y que estas se articulan en una definición abstracta de la categoría.

Ya explicitados los requisitos del análisis, conviene resaltar que para la interpretación de los datos se hizo imperante la definición de categorías y unidades de análisis, las cuales permitieron estructurar los datos y agruparlos en conjuntos manejables, según las técnicas aplicadas, en la triangulación. Para este aspecto, se tuvo en cuenta a Strauss y Corbin (2002)¹³⁰ y el protocolo de Fernández (2006)¹³¹, quien define los pasos a seguir para la codificación de datos cualitativos.

3.8. PRINCIPIOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Respecto al componente ético de la investigación-acción, McKernan (1999)¹³² deja claro que la honestidad, veracidad y equitatividad deben ser los principios éticos de todo investigador, y plantea que es crucial que todos los participantes sepan cuáles son sus derechos, para lo cual conviene que estos se comprometan con un contrato. Así pues, en el presente estudio se tuvieron en cuenta los criterios éticos de la investigación-acción propuestos por McKernan (1999; p. 262)¹³³; sin embargo, se explicitan tres de los cuales competen directamente a los participantes y los datos recopilados de la información que ellos suministraron:

- ✓ Todos los participantes del estudio fueron informados, consultados y aconsejados acerca del objeto de la investigación.
- ✓ Todos los participantes accedieron voluntariamente a participar en el proyecto y para ello firmaron un consentimiento.

¹³⁰ STRAUSS, Anselm y CORBIN, Julieth. Bases de la Investigación Cualitativa. Técnicas y Procedimientos para Desarrollar la Teoría Fundamentada. Primera Edición en español. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia, 2002.

¹³¹ FERNÁNDEZ, Lissette. ¿Cómo analizar datos cualitativos? Barcelona. Butlletí LaRecerca Fichas 7, 2006. 13 p.

¹³² MCKERNAN, J., *Op. Cit.*

¹³³ *Ibid.*, p. 262

- ✓ Las pruebas documentales se encuentran custodiadas por la docente investigadora, y por ello es la responsable de la confidencialidad de los datos.

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En esta sección del manuscrito se presentan los apartados correspondientes al análisis de los datos y su respectiva interpretación. Dichos apartados presentan relación directa con las tres fases propuestas en el proceso metodológico y el planteamiento de los objetivos.

4.1. DIAGNÓSTICO POBLACIONAL

El diagnóstico, cuyo propósito era indagar acerca de las concepciones alternativas de los docentes en formación inicial – de ahora en adelante referenciados como estudiantes- respecto a la célula, fue iniciado con la aplicación del cuestionario, el cual fue entregado y resuelto de forma presencial en el aula de clases de la asignatura Biología.

El cuestionario contenía un encabezado y cinco preguntas abiertas (de respuesta libre), organizadas en dos secciones: la primera pregunta abierta indagaba acerca de intereses personales de los participantes y mientras las cuatro preguntas restantes se enfocaron en la indagación de contenidos particulares relacionados con el concepto célula (ver Anexo B).

Para la lectura y análisis de los datos a cada respuesta se le asignó un código de identificación el cual guarda correspondencia con quién respondió el cuestionario; la institución de procedencia y el sexo, información que está contenida en un archivo de Excel y se siguió una secuencia de pasos: primero se realizó una lectura general de las 30 respuestas; en segundo lugar, se definió los aspectos que caracterizaban

dichas respuestas, luego se interpretaron en términos de la codificación abierta; posteriormente se agrupó a los aspectos que eran coincidentes o guardaban alguna relación y finalmente se categorizó.

4.1.1. Caracterización de la población. El grupo de estudiantes que participó en el estudio estuvo conformado por cuatro hombres y 26 mujeres, con edades entre los 18 y 27 años de edad, y provenientes de los departamentos de Santander, Norte de Santander, Sucre y Arauca. De ellos, 25 realizaron sus estudios de educación básica secundaria y ciclo de formación pedagógica en una Escuela Normal Superior, mientras los cinco restantes proceden de otras instituciones educativas (Tabla 1).

Tabla 1. Relación de instituciones educativas y número de estudiantes que participaron en la investigación. E.N.S = Escuela Normal Superior.

INSTITUCIÓN EDUCATIVA	MUNICIPIO / DEPARTAMENTO	NO. DE ESTUDIANTES
Colegio Humberto Gómez Nigrinis	Piedecuesta / Santander	1
Colegio Presbítero Álvaro Suárez	Cúcuta / Norte de Santander	1
Colegio Víctor Félix Gómez Nova	Piedecuesta / Santander	1
Instituto Luis Carlos Galán Sarmiento	Piedecuesta / Santander	1
Instituto Politécnico	Bucaramanga / Santander	1
E.N.S. de Sincelejo	Sincelejo / Sucre	1
E.N.S. Sady Tobón Calle	Cerrito / Santander	1
E.N.S. Antonia Santos	Puente Nacional / Santander	2
E.N.S. Francisco De Paula Santander	Málaga / Santander	2
E.N.S. María Auxiliadora	San Andrés / Santander	2
E.N.S. de Piedecuesta	Piedecuesta / Santander	6
E.N.S. de Bucaramanga	Bucaramanga / Santander	11

Fuente. Elaboración propia a partir de la información suministrada en el cuestionario diagnóstico.

De otro lado, al analizar las respuestas que los estudiantes dieron frente a la pregunta ***¿Por qué decidió escoger el programa de “Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental” y no otro?***, se encontró que el interés fue un factor determinante en la elección del programa académico, y que dicho interés se origina desde la escuela, la naturaleza, la investigación y la oportunidad laboral; tal como se aprecia en los siguientes memorandos, los cuales muestran las expresiones de los estudiantes, manifiestas en el cuestionario diagnóstico (Anexo B):

MEMORANDO No. 1

CATEGORÍA: AGENTES MOTIVADORES DE INTERÉS POR LAS CIENCIAS NATURALES

Pre-categoría: Interés por las ciencias naturales fortalecido desde la escuela

Al indagar con los estudiantes sobre los aspectos que les motivó para escoger el programa académico, resalta que el interés generado desde la escuela es el aspecto más generalizado pero direccionado a varias situaciones. En primer lugar, interés frente a las ciencias naturales que se expresa cuando dicen “siempre me he interesado por las ciencias naturales”, “me ha gustado y motivado todo lo relacionado con las ciencias naturales”. Dicha motivación pudo surgir a temprana edad, pues expresan que el interés surge “desde el colegio”, “desde la básica primaria” o bien “desde que estudiaba en bachillerato” todo ello mediado por “indagar”, “conocer las cosas” y “aprender mucho más” como por ejemplo “aprender sobre las ciencias, conocer el ambiente en que se vive”. Además, resalta la presencia de docentes y se puede encontrar expresiones como que “desde niña tuve unos docentes muy especiales” que al parecer tenían estrategias de enseñanza asertivas e influyentes porque se lee testimonios que resaltan que “conocí” o “tuve dos profesoras las cuales me hicieron enamorarme de las ciencias”, “especialmente de la genética, ese año para mí fue maravilloso” o por un contexto académico particular “porque en la escuela normal tuve la oportunidad de ver didáctica en las ciencias naturales y me gustó mucho, me fue de gran interés y por eso tomé ésta carrera aquí en la UIS”.

MEMORANDO No. 2

CATEGORÍA: AGENTES MOTIVADORES DE INTERÉS POR LAS CIENCIAS NATURALES

Pre-categoría: “Enamorarme de las ciencias” para pensarme como investigador

Siendo las Ciencias Naturales el área que permite entender los fenómenos naturales, no es de sorprendernos que la motivación por la investigación, y en general por la ciencia, sean aspectos a contemplar a la hora de pensarse a futuro. Al respecto los jóvenes expresaron que les “gusta la ciencia” y “la investigación” expresando que les “llama la atención las ramas que componen a la ciencia” y “me puse a aprender las materias”, las “temáticas” “que la conforman como biología, química, física, entre otras”, que se constituye en “mi materia favorita”, porque “me gusta mucho leer, preguntar sobre temas relacionados”, “me encanta descubrir”, “me ha interesado conocer las cosas” y “todo lo que me implique transformaciones”; además soy “muy curiosa y quiero seguir explorando e investigando todo lo que pasa con el medio ambiente y sus fenómenos” y “desarrollar cualquier proyecto, aparte de interesantes, importante para el planeta” porque “es muy compleja”.

MEMORANDO No. 3

CATEGORÍA: AGENTES MOTIVADORES DE INTERÉS POR LAS CIENCIAS NATURALES

Pre-categoría: Vivir la naturaleza y curiosear en ella

En tercer lugar, los testimonios sugieren que el interés por la naturaleza también influyó en la decisión. De lo anterior, media el deseo de encontrar la “explicación de porqué es así el funcionamiento de todo lo natural” y “conocer una visión más profunda de mi entorno, llegar a descubrir cómo se encuentra estructurado y como funciona” para dar respuestas a “por qué y para que de las cosas porque suceden ciertos cambios”, además de las experiencias previas como “el amor hacia la naturaleza, el compromiso que siento cuando tengo animales cerca” y el “sentido de pertenencia por ellos”, o bien “sentir el ambiente armónico y paz que se vive en ella [en la naturaleza]”, o la cercanía experimentada porque “siempre he estado en un ambiente tranquilo” en “contacto con la naturaleza”, “lo relacionado con los animales, plantas, microorganismos...” e incentiva “el estudio del entorno vivo que me rodea, todo esto me despierta una gran curiosidad y deseo de saber más” y “estudiándolas nos lleva a conocer mejor el mundo”.

MEMORANDO No. 4

CATEGORÍA: AGENTES MOTIVADORES DE INTERÉS POR LAS CIENCIAS NATURALES
Pre-categoría: La fusión entre la posibilidad, la oportunidad y la vocación

Para los estudiantes prepararse en un programa como la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales es pensarse como profesionales con la posibilidad del desempeño, es la oportunidad de fusionar conocimiento con enseñanza e investigación. Al respecto expresan que “me encanta lo que es biología y química, entonces pensé porque no unir las dos cosas que me gustan que son estas materias y enseñar” y “creo que me permitiría abrirme a otros campos como la química y más adelante a la investigación”. Además, por “estar en una de las mejores universidades” consistirá “un reto, para apropiarme de conocimientos nuevos, fundamentar mejor los conocimientos base y salir con una gran competencia a transformar los ambientes educativos” los cuales podré usar como “una forma de llegarle a los niños sobre los cuidados que debemos tener con nuestro medio ambiente” o “simplemente me encantaría generar un cambio a las personas que hay en nuestro país”. También “aprenderé muchas cosas significativas” que “me ayudarán en un futuro a desenvolverme como docente”, futuro en el que podré “transmitir ese conocimiento y que se genere un ambiente donde se valore, proteja y desarrolle las ciencias” las cuales “manejan múltiples contextos que son de mi agrado para aprender y enseñar”.

El análisis realizado mediante codificación abierta y categorización consistió en identificar los aspectos que caracterizaban las expresiones de los estudiantes y así agruparlas en términos / códigos. Identificados los códigos, se agrupó a los aspectos que eran coincidentes o guardaban alguna relación para finalmente definir la categoría de análisis. En el cuadro 1 aparecen los códigos, su agrupación en unidades de análisis y la categoría, la cual está definida por los cuatro aspectos que la componen y que aquí son definidas como pre-categorías en la categorización de la población.

Cuadro 1. Relación de la codificación con la unidad de análisis, la subcategoría y la categoría respecto a los datos que responden a la pregunta *¿Por qué decidió escoger el programa de “Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental” y no otro?*

CÓDIGOS	UNIDAD DE ANÁLISIS	PRE-CATEGORÍA	CATEGORÍA
		(Memorandos)	
* Interés por las ciencias naturales	Interés desde la formación	Interés por las ciencias naturales fortalecido desde la escuela	AGENTES MOTIVADORES DEL INTERÉS POR LAS CIENCIAS NATURALES
* Influencia docente			
* Gusto por Indagar, conocer y aprender			
* Interés por la investigación	Interés desde la investigación	“Enamorarme de las ciencias” para pensarme como investigador	
* Interés por la ciencia			
* Relación con otras ciencias			
* Disfrutar la naturaleza	Interés desde la situación personal	Vivir la naturaleza y curiosear en ella	
* Interés por la naturaleza			
* Desempeño docente	Interés desde la oportunidad laboral	La fusión entre la posibilidad, la oportunidad y la vocación	
* Reto personal de aprendizaje			
* Cuidado del medio ambiente			
* Educación ambiental			
* Oportunidad en la Educación Superior			

De dicho análisis resalta que el grupo participante en general es un grupo dispuesto a interactuar en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias porque tiene rasgos relacionados con el interés que permiten visualizarse como un grupo influenciado por el entorno social y escolar, con capacidad de asombro, curioso y con deseo de superación. Al respecto, Solbes (2009; p. 8)¹³⁴ plantea que las actitudes son impulsores en el aprendizaje de las ciencias, pero que también pueden ser obstáculos si son negativas. Dada la información anterior, las motivaciones que caracteriza al grupo de estudio se constituyen en un factores que refuerzan la actitud positiva en el grupo y por ello la actitud no se concibe como un obstáculo frente a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Conviene entonces retomar la perspectiva de Allport (1968¹³⁵ citado por Hernández *et al.*, 2011; p. 73), quien plantea que “la actitud se establece como el vínculo existente entre el conocimiento adquirido de un individuo sobre un objeto y la acción que realizará en el presente y en el futuro en todas las situaciones en que corresponde; la actitud tiene directa relación con la visión que tengamos del mundo que nos rodea, en tanto se modifica sólo cuando cambiamos nuestras creencias y percepciones respecto del mundo o las áreas específicas de análisis”¹³⁶.

4.1.2. Indagación de presaberes. Esta sección obedece al análisis de las respuestas correspondientes a las cinco preguntas de la sección *¿Qué sé y qué entiendo de estructura y función celular?* del cuestionario (Anexo B).

¹³⁴ SOLBES, J., *Op. Cit.*, p. 8.

¹³⁵ ALLPORT, Gordon. The historical background of modern social psychology. *En* Lindzey, G. y Aronson, E. (Eds.): *Handbook of Social Psychology*. vol. I. Boston: Addison-Wesley, 1968.

¹³⁶ HERNÁNDEZ, Verónica, *et al.* La actitud hacia la enseñanza y aprendizaje de la ciencia en alumnos de Enseñanza Básica y Media de la Provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos-Chile. *En*: Estudios Pedagógicos, 2011. vol. XXXVII, no. 1, p. 71-83.

Pregunta No. 1: ¿Qué concepto de célula conoce? El memorando No. 5 presenta la lectura inicial y organización de las expresiones de los estudiantes respecto al concepto de la célula.

MEMORANDO No. 5
CATEGORÍA: DOMINIO CONCEPTUAL DE LA CÉLULA

Con la pregunta *¿qué concepto de célula conoce?* se pretendía conocer el esquema mental que los estudiantes presentaban respecto a la célula y a partir de estos reflexionar sobre las decisiones en la intervención. En este sentido, lo expresado por los estudiantes evidenció que hay cierto dominio conceptual de la célula en el que se rige inicialmente por una definición en la que se integran aspectos como la función, estructura, tamaño y organismos a quienes pertenece. Así pues, se encontraron expresiones como que la célula es “un componente”, “la estructura”, “unidad” “principal biológica” “diminuta”, “microscópica”, “funcional” y “estructural de todo ser vivo”, cuyas “partes” o “componentes” “cumplen funciones importantes para el funcionamiento del organismo”. Además, contiene “la información genética” que “permite que los organismos se desarrollen y cumplan sus ciclos de vida” “para mantenernos vivos”; y que se concibe como “la parte más pequeña” y de la cual “estamos conformados todos los seres vivos”; y que hay “células vegetales y animales”. De igual forma también se hallaron respuestas como que ésta es “un organismo vivo compuesto por átomos y moléculas”, “un componente”, “un microorganismo que está presente como célula vegetal y animal” y en “el ser humano”.

Del análisis de esta pregunta - *¿Qué concepto de célula conoce?* - resalta el dominio conceptual que tienen los estudiantes respecto a la célula, el cual se caracteriza por poseer en su totalidad o parcialmente la definición que traen los libros de texto; sin embargo, pese a tener memorizado un concepto es evidente que no hay un consenso respecto a qué organismos contienen células, o el tamaño que puede caracterizarlas y qué papel juegan para la vida. Lo que sí es claro es que los estudiantes tienen una tendencia a la reproducción del contenido con poca o nula conciencia respecto a lo que esas palabras significan, es decir, que no hay apropiación del conocimiento porque no se evidencia una estructuración del mismo en la memoria.

En el Cuadro 2 pueden observarse que las características que presentan las respuestas de los estudiantes respecto al dominio conceptual de célula.

Cuadro 2. Relación de la codificación con la unidad de análisis y la categoría respecto a los datos que responden a la pregunta *¿Qué concepto de célula conoce?*

CÓDIGOS	UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA
* No definido	DEFINICIÓN	DOMINIO CONCEPTUAL DE CÉLULA
* Algo que hace parte de todos los seres vivos		
* Microorganismo		
* Organismo		
* Componente		
* Unidad		
* Estructura		
* Parte		
* El hombre	PROPIA DE	
* Plantas y Animales		
* Seres vivos		
* Diminuta	TAMAÑO	
* Pequeña		
* Microscópica		
* Minúscula		
* Funcional	PARTICULARIDAD	
* Estructural		
* Funcional y estructural		
* Principal/Biológica/Básica		
* Esencial para la vida	FUNCIÓN E IMPORTANCIA	
* Partes con función importantes		
* Funciones básicas para la vida		
* Componentes con funciones		
* Fundamento de la vida		
* Desarrollo y ciclo de la vida		
* Componentes para el desarrollo de los órganos		
* Funcionamiento del ser humano		

Pregunta No. 2: ¿Cuáles son los componentes de la célula? La lectura de las respuestas a esta pregunta, en la que se define como categoría de análisis la estructura celular (ver Cuadro 3), los estudiantes no muestran un consenso respecto a qué compone la célula. Mientras para algunos la célula presenta estructuras cuya presencia relaciona el medio externo con el interno (membrana y citoplasma definidos), para otros esa relación se presenta solo en términos de medio exterior (solo membrana definida) o bien contemplan solo relación con el medio interno (solo citoplasma definido).

Si bien se presentan en algunos casos compartimentalización al mencionar gran parte de los organelos celulares y con ello haciendo más compleja la estructura, también estuvo presente en los estudiantes la presentación arbitraria de algunas moléculas orgánicas junto con las estructuras sin diferenciar entre los niveles de organización celular (moléculas vs. organelos).

Por otro lado, pese a que la pregunta era abierta, ninguno de los estudiantes expresó diferenciación en la composición celular respecto al tipo de organismo (unicelular vs. pluricelular) o el tipo de célula (procariota vs. eucariota); pero si se presentaron respuestas en las que se hacía hincapié en diferenciar los componentes de las células vegetal y animal, que si se observa desde la perspectiva de las representaciones correspondería a la réplica de las representaciones visuales del modelo de célula que presentan los libros de texto, las cuales simplifican el concepto más complejo, propio de las representaciones científicas (Galagovsky y Ardúriz-Bravo, 2001)¹³⁷.

Adicionalmente, la invención de términos, aunque no fue una constante estuvo presente como una falta de vocabulario preciso. Esta situación, junto con las

¹³⁷ GALAGOVSKY, Lydia, y ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico y analógico. En: Enseñanza de las Ciencias, 2001. vol. 19, no. 2, p. 231-242.

descritas en párrafos anteriores, pueden estar obedeciendo a limitaciones en el dominio del lenguaje científico, lo cual sugiere que no hay conexión entre la ciencia escolar y la ciencia erudita o del científico (Galagovsky y Ardúriz-Bravo, 2001)¹³⁸.

Cuadro 3. Relación de la codificación con la unidad de análisis y la categoría respecto a los datos que responden a la pregunta *¿Cuáles son los componentes de la célula?*

CÓDIGOS	UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA
* Célula (en términos generales)	DIFERENCIACIÓN	ESTRUCTURA CELULAR
* Célula vegetal		
* Célula animal		
* No definido	SELECCIÓN DE ESTRUCTURAS	
* Selección de estructuras a nivel de organelos		
* Selección arbitraria de estructuras (organelos y moléculas)		
* Estructura principal y general: membrana, citoplasma y organelos definidos	COMPOSICIÓN	
* Estructura general: membrana y algunos organelos definidos		
* Estructura incompleta: solo algunos organelos		
* Aparato de welf	INVENCIÓN DE TÉRMINOS	
* Retículo endoplasmático grueso		
* Rubeolos		

¹³⁸ *Ibíd.*

Pregunta No. 3: ¿Los componentes celulares son los mismos para todos los seres vivos (por ejemplo, una bacteria, una mariposa, un caballo)? Justifique su respuesta. Esta pregunta se pensó con el propósito de indagar acerca de las ideas que tenían los estudiantes respecto a la complejidad de los seres vivos en cuanto a su diferenciación celular, es decir como organismos procariontes o eucariontes. Para minimizar las comparaciones, en las respuestas, hacia las representaciones de célula animal y célula vegetal, se evitó usar a las plantas como ejemplo dentro de la pregunta. No obstante, independientemente de si la respuesta obedecía a afirmar o negar la similitud de los componentes, en varias de las respuestas la discusión se centró en las diferencias que presentan las células animal y vegetal.

Así mismo, el análisis de las respuestas mostró que quienes concluyen que los componentes son similares, sustentan su afirmación asumiendo a la célula como la base de la vida en términos generales. De otro lado, quienes expresaron con sus respuestas que los componentes son distintos, no solo hablaron de tipos de organismos, sino que incluyeron en su respuesta aspectos de estos como los niveles de organización (unicelulares y pluricelulares), la complejidad (procariota y eucariota), funcionamiento, procesos vitales y material genético (Cuadro 4).

Cuadro 4. Relación de la codificación con la unidad de análisis y la categoría respecto a los datos que responden a la pregunta *¿Los componentes celulares son los mismos para todos los seres vivos (por ejemplo, una bacteria, una mariposa, un caballo)? Justifique su respuesta.*

CÓDIGOS	UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA
"No lo sé"	No definido	COMPOSICIÓN CELULAR DE LOS SERES VIVOS
Nivel de organización celular (unicelular / pluricelular)	Composición diferente	
Complejidad de los organismos (procariota / eucariota)		
Tipo de organismo (sin diferenciar)		
Diferenciación celular en animal y vegetal		
Funcionamiento		
Procesos vitales (desarrollo / metabolismo)		
Material genético (ADN / ARN)		
Componentes básicos de la vida	Composición similar	
Funcionamiento de todo ser vivo		
Célula vegetal y animal con iguales componentes		

Pregunta No. 4: Si conoce las funciones de los componentes celulares menciónelas. En esta pregunta resalta el hecho de que 14 estudiantes la dejaron sin respuesta y uno dijo abiertamente que no conocía las funciones. En el memorando No. 6 aparecen las respuestas que dieron los estudiantes al momento de responder el cuestionario.

MEMORANDO No. 6
CATEGORÍA: FUNCIÓN DE LOS COMPONENTES CELULARES

Al indagar por las funciones celulares con la pregunta *Si conoce las funciones de los componentes celulares menciónelas*, los estudiantes afirman que este "es la parte más importante de la célula" "porque le permite funcionar", ya que en él "se centra la energía que le da vida a las creaciones de otras células" porque "se almacena la información celular (ARN-ADN)" que "contiene información genética", es decir, "los cromosomas" que le permiten comportarse como "el panel de control" que lleva "las órdenes de la célula" "como [si] fuera el cerebro". También resaltan la posición del núcleo al decir que "es el centro de la célula". Respecto a la membrana, la visualizan como la estructura que "permite recubrirla, darle forma y protegerla de lo externo" pero también como la "portería" que "maneja y controla "la entrada y salida de las sustancias [de la célula] de acuerdo a las necesidades" porque "es la capa más gruesa". De igual forma que la membrana, para los estudiantes "la pared celular es la capa que protege y cuida la célula" "vegetal" y "es la encargada de la estabilidad de la célula".

Respecto a los demás componentes, "la mitocondria" "brinda energía a la célula", por medio de "la respiración celular" y/o "la nutrición (energía) celular" y "es la encargada de recoger la energía que lleva al núcleo" "para que todo funcione". En cuanto a "la vacuola" esta "le aporta firmeza y elasticidad a la planta" además de encargarse de la "digestión de las proteínas" además de que "almacenan agua". El "retículo: se encarga de expulsar lo que no sirve", el "aparato de golgi: almacena" y el "ribosoma: encargado de la respiración celular" y en cuanto al "plasma", es la "sustancia que está extendida por toda la célula".

Asimismo, resaltan que los componentes, así como la célula misma, permiten "mantener un organismo vivo" porque "tienen su función"; sin embargo, aparecen afirmaciones como "no las conozco" o "no las recuerdo" o "no los podría describir ya que no me encuentro en condiciones necesarias ni en capacidad para decirlos aunque se que ya los debería tener claros".

En las 16 respuestas analizadas, se evidencia que, aunque a los estudiantes se preguntó por función muchos respondieron por estructura, es decir con lo que el componente celular es y no sobre el papel que ejerce este en la célula y por ende en el individuo. No obstante, algunas funciones son acertadas y en otros casos se hace uso de la analogía para acercarse a dicha función. De otro lado, aunque se expresa la presencia de los componentes como organelos y con ello la identificación de una compartimentalización, es evidente en varias de las respuestas que se desconoce la relación que hay entre la estructura y el funcionamiento celular (Cuadro 5).

Cuadro 5. Relación de la codificación con la unidad de análisis y la categoría respecto a los datos que responden a la pregunta “*Si conoce las funciones de los componentes celulares menciónelas*”.

CÓDIGOS	UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA
Sin respuesta	No definido	FUNCIÓN DE LOS COMPONENTES CELULARES
Todos los organelos	Mantener un organismo vivo	
Núcleo	Centro de información genética y control celular	
Membrana / Pared	Recubre y protege la célula	
Membrana / Pared / Vacuola	Da forma a la célula	
Membrana	Control la entrada y salida de sustancias	
Pared	Estabilidad celular	
Mitocondrias / Ribosomas	Respiración celular	
Mitocondrias	Recoger y proporcionar la energía	
Vacuola	Digestión de proteínas	
Vacuola / Golgi	Almacenamiento	
Retículo endoplásmático	Expulsión de desechos	
Citoplasma	"Sustancia que está extendida por toda la célula"	

Pregunta No. 5: ¿Podría identificar relaciones entre las funciones de los componentes celulares? Justifique su respuesta mediante la descripción de dichas relaciones. En esta pregunta, 20 estudiantes la dejaron en blanco y tres justificaron que no podían responderla porque o no tenían claras las funciones o las relaciones entre estas. De las siete respuestas restantes, la justificación de dos estudiantes está dada en términos amplios y se afirma que los organelos dentro de la célula *“trabajan en pro de un objetivo común”* y por ello *“el funcionamiento de cada uno de ellos está íntimamente relacionado”* para *“el funcionamiento de la célula es necesario que cada uno de los componentes siga las instrucciones del núcleo y cumple con sus funciones específicas”*.

De otro lado, respecto a las cinco respuestas restantes, estas no responden a la pregunta planteada y se leen afirmaciones como: *“La membrana celular protege la célula y la forma circular está conectada con el aparato de Golgi donde con la energía que absorbe a las mitocondrias, las mitocondrias llevan o pasan la energía al núcleo, luego pasa la energía por los ribosomas y estos la expulsan”* o *“La membrana y pared celular son las que recubren las células. Cada organelo cumple una función en específica casi algunos comparten el mismo funcionamiento de las células animales con las vegetales”*.

Así pues, para los estudiantes la única relación evidente está mediada por el núcleo; sin embargo, esta relación no se explicita de ninguna otra forma, pues no se profundiza respecto a cómo el núcleo *“controla”* o da *“instrucciones”* a los demás componentes celulares.

4.1.3. Concepciones alternativas de los estudiantes respecto a la célula. La apuesta que se tiene desde el Ministerio de Educación Nacional – MEN respecto a la formación en ciencias es “procurar que los y las estudiantes se aproximen progresivamente al conocimiento científico...” (MEN, 2006; p. 104)¹³⁹, es decir, que a medida que los estudiantes aumenten su escolaridad mayor y más complejo será el conocimiento adquirido.

Al mirar las respuestas dadas a las cinco preguntas hechas a los estudiantes en la indagación de presaberes, se evidencia un patrón que está marcado por menor suministro de información a medida que las preguntas se fueron haciendo más complejas, a tal punto de encontrar solo 10 respuestas de las 30 esperadas cuando se indagó por la relación existente entre las funciones de los componentes celulares. Este resultado es preocupante, pues las preguntas obedecen a conocimientos relacionados con la célula, que de acuerdo con los “Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales”, estos conocimientos son los que el estudiante debería poseer al finalizar su educación básica.

Tal como se expresa en los estándares, los conocimientos relacionados con la célula van aumentando y haciéndose más complejos a medida que se avanza en el sistema escolar. En este sentido, al finalizar 5° grado el estudiante debería manejar aspectos generales acerca de la importancia de la célula como unidad básica de los seres vivos e identificar en estos los niveles de organización celular; al finalizar 7° grado, explicar la estructura de la célula y las funciones básicas de sus componentes, clasificar los organismos en grupos taxonómicos de acuerdo con las características de sus células, y clasificar las membranas de acuerdo con los procesos de intercambio celulares; terminando 9° grado se espera que el estudiante maneje conceptos asociados a la herencia y su relación con los procesos de

¹³⁹ MEN., *Op. Cit.* p. 104.

reproducción sexual y asexual; y finalizando la educación media, al terminar 11° grado; se espera que el estudiante establezca relaciones entre lo que ocurre en el interior celular con el metabolismo del ser vivo y el ambiente que lo rodea (MEN, 2006)¹⁴⁰.

En este orden de ideas, lo que se evidencia con el análisis de las preguntas anteriores es que el conocimiento científico respecto a la célula no es está presente o si lo está no, es evidente; pues los estudiantes manejan concepciones que han conducido a una comprensión aislada de ese conocimiento, que por sus características y lo específico del tema, y posiblemente su origen sea de carácter escolar, tal como se refleja en el listado de las concepciones alternativas asociadas a este concepto; visto desde las categorías de análisis previamente mencionadas (ver Cuadro No. 6):

¹⁴⁰ *Ibíd.*

Cuadro 6. Concepciones de los estudiantes respecto al concepto célula.

Concepciones de los estudiantes respecto a:	
“Dominio conceptual de célula”	• Las células son los constituyentes del hombre, los animales, plantas o los seres vivos
	• La célula puede ser un organismo o microorganismo
	• El tamaño de la célula puede ser microscópico, diminuto o pequeño
	• La célula es importante en los procesos vitales de los organismos
“Estructura celular”	• Existe la célula animal y la célula vegetal y estas presentan estructuras que las hacen diferentes
	• Las células están compuestas por moléculas y organelos
	• La célula puede presentar o no una relación con el espacio extracelular
“Composición celular de los seres vivos”	• La composición celular no se ve afectada por el tipo de organismo y/o el grado de complejización
	• Solo existen la célula vegetal y animal
“Función de los componentes celulares”	• Los organelos funcionan como estructuras independientes sin relación alguna entre ellos
	• La máxima relación presente entre los componentes celulares es el control que ejerce el núcleo
	• El núcleo contiene material hereditario

Estas concepciones se constituyen en la población de estudio, sin lugar a dudas, a obstáculos en la enseñanza y el aprendizaje de los conocimientos relacionados con la célula, los cuales pueden estar influenciados por el modelo explicativo que el estudiante tiene respecto a la célula. Así, en términos de dominio de conceptos básicos relacionados con la estructura y función celular, se pueden identificar como dificultades que los estudiantes no visualicen a la célula como unidad básica de estructura y función de todos los seres vivos, que no logren diferenciar entre células procariotas y eucariotas, que no se reconozca que la célula animal y vegetal no son las únicas células eucariotas, que no manejen un lenguaje apropiado para referirse a estructura y función celular, que desconozca la composición celular y se ignoren sus funciones, que no dimensionen el tamaño celular y que no se relacionen las funciones vitales con las funciones de las células. Expresados los argumentos anteriores, se puede afirmar que el modelo explicativo que presentan los estudiantes frente al concepto célula es un modelo básico o simple, con un nivel de complejidad mínimo respecto a estructura celular pero no a función.

Al revisar los antecedentes de la presente investigación, en las que se encuentran estudios de los niveles de educación básica y de universidad, resulta interesante encontrar que en lo referente al concepto de célula los obstáculos de estos estudiantes son similares a las dificultades encontradas en la población objeto del presente estudio, así como la relación que se encuentra con las concepciones alternativas identificadas. Para Buitrago (2014)¹⁴¹ las dificultades están relacionadas con las ideas previas que provienen de experiencias cotidianas y escolares. En este último aspecto, Rivera (2011; p. 18)¹⁴² afirma que “los textos escolares influyen en la concepción plana de célula, ya que sus gráficos en su gran mayoría hacen referencia a estructuras planas, dejando a un lado la modelización de una célula en acción o como estructura viva”; afirmación que es reforzada por Santamaría *et al.*

¹⁴¹ BUITRAGO, M. A., *Op. Cit.*

¹⁴² RIVERA, D. A., *Op. Cit.*, p. 18.

(2012)¹⁴³ quien además de postular a los libros de texto como candidatos en el origen de las concepciones, también le atribuye tal responsabilidad a materiales didácticos como a las láminas, gráficos y filminas.

4.2. DISEÑO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

Partiendo de las concepciones alternativas y las necesidades que presentó la población de estudio se diseñó e implementó la unidad didáctica, en cuya estructura se plasmaron las acciones y situaciones de enseñanza y aprendizaje a desarrollar en el aula. La unidad se tituló “La célula: su contextualización teórica y práctica en el aula” y estuvo compuesta por dos secuencias didácticas, las cuales en su estructura siguieron los aspectos del diseño curricular que proponen Osborne y Freiberg (1998)¹⁴⁴ y Area-Moreira (1993)¹⁴⁵.

A continuación, se presenta la Unidad Didáctica planeada y ejecutada en la fase de intervención del presente proyecto:

¹⁴³ SANTAMARÍA, L.M., *et al.*, *Op. Cit.*

¹⁴⁴ OSBORNE, R. y P. FREYBERG., *Op. Cit.*

¹⁴⁵ AREA-MOREIRA, M. Unidades Didácticas e Investigación en el Aula. Un modelo para el trabajo colaborativo entre profesores. Las Palmas de Gran Canaria, 1993. 92 p.

UNIDAD DIDÁCTICA

LA CÉLULA, SU CONTEXTUALIZACIÓN TEÓRICA Y PRÁCTICA EN EL AULA

Docente Responsable: YAMILE GRANADOS PÉREZ

4.2.1. Secuencia Didáctica No. 1

a. Contextualización

Esta secuencia didáctica se dirige a un grupo de 30 estudiantes de la LEB-Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Escuela de Educación de la Universidad Industrial de Santander, quienes se encuentran cursando la asignatura Biología. La población es heterogénea en cuanto a edad, la cual oscila entre los 18 y 27 años, y en cuanto al lugar de procedencia o de formación en el ciclo de normalista superior, destacando la presencia de las Escuelas Normales Superiores de Santander.

b. Temática o Situación Problemática

El concepto de célula es uno de los conceptos más generalizados dentro de la enseñanza de las ciencias biológicas, sin embargo, también puede ser uno de los conceptos más ambiguos en términos de representación, y muchos son los estudios que se han desarrollado en torno al acercamiento del mismo en el aula de clase, tal como lo evidencia la revisión que hacen Rodríguez-Palmero *et al.* (2000)¹⁴⁶.

De otro lado, una de las propuestas para tratar de acercar al estudiante a postulados teóricos como los que se presentan en la Teoría Celular, es involucrar la historia de

¹⁴⁶ RODRÍGUEZ-PALMERO, María Luz. Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. *En*: Investigações em Ensino de Ciências, 2000. vol. 5, no. 3, p. 237-263.

la ciencia en las estrategias de enseñanza. Al respecto, Carrillo *et al.* (2011)¹⁴⁷ manifiestan que enfrentar al docente en formación inicial con la historia de la ciencia es una necesidad urgente, pues el estudiante construye el conocimiento científico escolar a partir de los libros de texto, sin que se les proporcione un conocimiento profundo de cómo se construyeron las ideas allí plasmadas, cuáles fueron las motivaciones personales o sociales que suscitaron dicho conocimiento, los conflictos éticos y los métodos de búsqueda; o bien, como lo plantearon en su momento Gagliardi y Giordan (1986), que la historia de la ciencia puede permitir definir cuáles fueron los conceptos estructurantes presentes en los momentos de transformación de una ciencia.

Así pues, es relevante que el estudiante, -docente en formación inicial- identifique *¿qué hechos y / o situaciones fueron determinantes en la construcción del concepto “célula” ?, ¿qué motivó la construcción de un concepto de célula y el planteamiento de la Teoría Celular? y ¿cuál era el pensamiento dominante en cada momento histórico relevante para la conceptualización de la célula?* Con las respuestas a estas preguntas se busca que el estudiante comprenda que el surgimiento de la Teoría no surge como una necesidad de representación teórica de lo que la célula es, sino lo que la vida es.

C. Justificación

A menudo los estudiantes traen al aula su propio conocimiento conceptual y con ello sus actitudes y procedimientos respecto al mundo que les rodea. En términos de Pozo y Gómez-Crespo (2006; p. 97)¹⁴⁸, esas interpretaciones corresponderían al mesocosmos, es decir al mundo delimitado espaciotemporalmente, y son las que se enfrentan en el aula de clases con la “realidad virtual” del microcosmos (células,

¹⁴⁷ CARRILLO, Laura; MORALES, Cristina, PEZOA, Vania y CAMACHO, Johanna. La historia de la ciencia en la enseñanza de la célula. *En: Tecné, Epistemis y Didaxis*, 2011. vol. 29, p. 112-127.

¹⁴⁸ POZO, J. I. y M. A. GÓMEZ-CRESPO, *Op. Cit.*, p. 97.

partículas y otras entidades mágicas y no observables) y del macrocosmos (modelos idealizados, basados en leyes universales, no vinculados a realidades concretas, cambios biológicos y geológicos que se miden en miles, sino en millones de años, sistemas e interacción complejo, etc.) que el docente de ciencia les presenta. En este sentido, el concepto célula hace parte de ese microcosmos que la escuela ha acercado como conocimiento científico, el cual no se caracteriza especialmente por ser del conocimiento cotidiano del sentido común. No obstante, resulta relevante su aprendizaje porque de ello depende el conocimiento general de los seres vivos (Rodríguez-Palmero, 2000)¹⁴⁹.

Así pues, acercar al estudiante con el concepto teórico de célula, mediante la reconstrucción histórica de la Teoría Celular, puede ser una experiencia significativa que no muestre el conocimiento terminado y como una sucesión u ordenamiento lineal, sino que se haga la reconstrucción del concepto a partir de la secuencia de hechos históricos; que están asociados a movimientos sociales propios de cada época y que marcaron una transformación en dicho concepto porque involucraron tanto avances como retrocesos en la construcción del mismo. En este sentido, autores como Carrillo *et al.* (2011)¹⁵⁰ defienden la idea de enseñar ciencia de la mano de la historia de la ciencia, pues con ello se permite una mayor comprensión de como la ciencia evoluciona en un proceso que no es lineal pero que si es riguroso, creativo y que depende del contexto socio-cultural.

d. Objetivo de la Secuencia

- ✓ Reconstruir el concepto de “célula” a partir de los avances históricos que permitieron la postulación de la Teoría Celular para reconocer a la célula como componente básico de la vida.

¹⁴⁹ RODRÍGUEZ-PALMERO, M.L., *Op. Cit.*

¹⁵⁰ CARRILLO *et. al.*, *Op. Cit.*

e. Competencias

Se espera que el estudiante desarrolle las siguientes competencias:

COGNITIVAS

- ✓ Reconoce que el avance histórico de la Biología es esencial para comprender cómo se genera conocimiento en esa disciplina.
- ✓ Comprende que el conocimiento básico acerca de la célula define el concepto de vida.

Procedimentales

- ✓ Construye explicaciones o argumentos científicos para dar cuenta de la naturaleza humana y pragmática de la ciencia.
- ✓ Explora resultados y posturas de autores respecto a las temáticas tratadas en clase.
- ✓ Organiza la información en una línea del tiempo.
- ✓ Desarrolla el sentido de análisis crítico y hábito de reflexión.
- ✓ Evidencia mediante la observación, experimentación y representación la generalización de la Teoría celular en los seres vivos.
- ✓ Adquiere destreza en el uso de técnicas para observación de células en el laboratorio.

Actitudinales

- ✓ Entiende que la bibliografía presentada y consultada es propiedad de otros y como tal la respeta.
- ✓ Valora positivamente el trabajo en equipo, la discusión y el intercambio entre pares.

f. Contenidos disciplinares e interdisciplinares relacionados con la temática o situación problemática

- ✓ Características de los seres vivos
- ✓ Evolución de la vida
- ✓ Conceptos básicos de microscopía y bioseguridad

g. Estrategias Didácticas y Organización de las Actividades de Enseñanza y de Aprendizaje

Dado el tamaño del grupo y la temática a trabajar, el debate se ajusta las necesidades del aula, pues debe prepararse con antelación para la exposición y planteamiento de cuestiones; además de estar acompañado por estrategias que permitan la organización o codificación compleja de la información. Para esto último será necesaria la elaboración previa de esquemas que presenten de forma gráfica los textos organizados mediante un mapa de ideas y posterior síntesis en el aula con una línea del tiempo que evidencie la reconstrucción histórica de la Teoría Celular.

De igual forma, se desarrollará una sesión de laboratorio que permita la potencialización de destrezas motoras como parte de experiencia del aprendizaje. De acuerdo con Rajadell (2001)¹⁵¹, este tipo de destrezas aportan un doble beneficio al aprendizaje de procedimientos. En el caso particular a tratar, se incorporan las reglas o pautas de consecución para realizar dichas actividades y se desarrolla destreza en las actividades que permiten pulir el conocimiento y la práctica, en la que se destaca la observación, la experimentación y la representación, para finalmente formalizar toda la sesión de laboratorio de un informe como estrategia de recuperación de la información presentada y trabajada.

¹⁵¹ RAJADELL, N., *Op. Cit.*

En el siguiente cuadro se describen las actividades a realizar:

Cuadro 7. Estrategias didácticas y organización de las actividades de enseñanza y aprendizaje de la Secuencia Didáctica No. 1.

FASE	ACTIVIDAD DEL PROFESOR (Acciones)	ACTIVIDAD DEL ESTUDIANTE (Compromisos y Evidencias de Desempeño)
PRELIMINAR	Durante el inicio de la clase, la docente indagará por el concepto que los estudiantes tienen respecto a ¿qué es vida? y ¿cuál es la relación que hay entre la célula y la vida? y tomará nota de las respuestas del grupo.	El estudiante leerá los documentos de análisis y hará un <i>mapa de ideas</i> , el cual deberá traer el día de la sesión de clase como elemento soporte de discusión. Se espera que en la indagación los estudiantes expresen sus ideas respecto a las dos preguntas planteadas y así generar una corta discusión al inicio de la clase.
ENFOQUE	Previo al inicio de la sesión, la docente envía a los estudiantes tres recursos bibliográficos para que estén previamente enterados de la temática a trabajar.	Se familiariza con el material bibliográfico enviado por la docente y elabora previamente un mapa de ideas usando el software Xmind ®. Manifiesta en la discusión la perspectiva que asume según

		la interpretación de los documentos.
CONFRONTACIÓN	Propone como tema de debate ¿cuáles fueron las motivaciones que llevaron al planteamiento de la Teoría Celular? Asigna a dos estudiantes para que realicen el protocolo del debate. Coordina el debate permitiendo que todo el grupo tenga igual posibilidad de participación e interpreta los argumentos de los estudiantes, y de ser necesario los aclara. Cierra el debate permitiendo que uno o varios estudiantes concluyan la temática expuesta en el debate.	Explora y consulta otras fuentes bibliográficas que le permitan generar un discurso argumentado para exponerlo frente al grupo. Los dos estudiantes encargados del protocolo tomarán nota de todo lo que ocurre durante el desarrollo del debate y al finalizar harán la lectura del mismo (Anexo C). Presenta de forma clara y respetuosa sus argumentos y/o evidencias frente la temática planteada, así como los contraargumentos a las posturas de sus compañeros. Considera los aportes de sus compañeros durante el debate y valida críticamente su punto de vista frente a las evidencias presentadas como argumentos y contraargumentos.

	Expone argumentos científicos y análisis de evidencia.	
APLICACIÓN	Propone la elaboración de una línea del tiempo con los eventos más importantes que marcaron la construcción de la Teoría Celular. Para hacer énfasis en que la Teoría Celular no surge como una necesidad de representar teóricamente lo que la célula es, sino lo que la vida es, comparte una guía de laboratorio para su ejecución con los estudiantes (Anexo D). Orienta el proceso en el laboratorio y pide generalizaciones de lo aplicado Propone fuentes bibliográficas para que el estudiante profundice en las temáticas.	Por grupos de cinco personas, organizan la información consultada y debatida para elaborar la línea del tiempo de la Teoría Celular y la presentan frente al grupo. Desarrollan la guía de laboratorio siguiendo el protocolo que se plantea, previa revisión y preparación de la propuesta de trabajo. Generaliza las experiencias realizadas para dar respuesta a la pregunta problémica a través de la elaboración de un informe de laboratorio. Plantea nuevas preguntas que surgen del análisis de los textos y de la práctica de laboratorio y, además, genera

	Da a conocer avances científicos que contribuyen al desarrollo de la teoría celular.	interés por ampliar sus conocimientos.
SÍNTESIS	Hace el balance general de la actividad, en el que se valora, se clarifica, integra y profundiza.	Reflexiona sobre el desarrollo de la temática y evalúa cualitativamente sus procesos de aprendizaje. Elabora un informe de laboratorio según protocolo y hace un balance personal y grupal mediante la autoevaluación.

h. Textos de análisis

Los tres textos a continuación serán de obligatoriedad para la revisión bibliográfica; sin embargo, el estudiante puede escoger entre el documento de Albarracín (1982) o el de González-Recio (1990) para la elaboración del mapa de ideas:

GRUPO 1: La Teoría Celular, paradigma de la biología del siglo XIX¹⁵².

GRUPO 2: Elementos dinámicos de la Teoría Celular¹⁵³.

TEXTO GENERAL: La historia de la Teoría Celular, un concepto unificador¹⁵⁴.

¹⁵² ALBARRACÍN, Agustín. La Teoría Celular, paradigma de la biología del siglo XIX. En: Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque Historiam Illustrandam, 1982. vol. 2, p. 241-262.

¹⁵³ GONZÁLEZ-RECIO, José Luis. Elementos dinámicos de la Teoría Celular. En: Revista de Filosofía, 1990. vol. 2, no. 4, p. 83-109.

¹⁵⁴ MAZZARELLO, Paolo. La historia de la Teoría Celular, un concepto unificador. En: Elementos, 2000. vol. 38, p. 3-7.

i. Tiempo en minutos según horas de clase

Dos sesiones de trabajo, cada una de tres horas para un total de 360 minutos. La primera sesión, que corresponde a las fases preliminar, enfoque y confrontación, así como parte de la aplicación tendrán lugar en el aula de clases; mientras la segunda sesión, que corresponde al segundo momento de aplicación y síntesis, tendrá lugar en el laboratorio de Biología.

De igual forma, se requiere que el estudiante realice trabajos independientes para desarrollar las actividades previas a cada sesión.

j. Recursos Didácticos

Bibliográficos e informáticos

Artículos científicos enviados por la docente.

Bibliografía de consulta extra que los estudiantes hayan encontrado.

Software Xmind ® ¹⁵⁵

Papelería

Pliegos de Papel bond e imágenes impresas

Marcadores

Libreta de notas

Equipos e insumos de laboratorio

Microscopios compuestos

Vidriería para montajes de microscopía

Reactivos

¹⁵⁵ Enlace para descarga de Software Xmind: <http://www.xmind.net/download/win/>

k. Evaluación

Se considera evaluar el proceso como formación y los productos como evaluación acumulativa. En la evaluación formativa, será importante la Autoevaluación en la que el estudiante valore su desempeño durante las sesiones del trabajo propuesto, reconociendo sus logros y dificultades. Respecto a la evaluación acumulativa, se tendrá en cuenta la consecución y valoración de los procesos, así como el cumplimiento de los compromisos planteados. Los criterios de evaluación están basados en el catálogo de rúbricas para la evaluación del aprendizaje del CUDI¹⁵⁶:

Cuadro 8. Aspectos y criterios de evaluación de la consecución y valoración de los procesos desarrollados en la ejecución de la Secuencia Didáctica No. 1.

COMPROMISOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	VALORACIÓN (Escala de 1-5)
Mapa de ideas	Conceptos. - Contiene el tema central y todas las ideas primarias y secundarias relevantes.	20%
	Relaciones. - Identifica todas las ideas primarias y secundarias importantes y establece de manera correcta las relaciones entre éstas.	
	Profundización del tema. - Construye un mapa mental apropiado y completo, ejemplificando con imágenes o gráficos y utilizando solamente las palabras necesarias.	

¹⁵⁶ CENTRO UNIVERSITARIO DE DESARROLLO INTELECTUAL – CUDI. Catálogo de Rúbricas para la Evaluación del Aprendizaje. [Disponible en: http://evirtual.uaslp.mx/FCQ/estrategias/Material%20de%20Apoyo/cat_rubrica.pdf#search=cat%C3%A1logo%20de%20rubricas].

	Calidad del diseño. - Coloca las ideas primarias alrededor de tema central en el sentido de las manecillas del reloj para priorizarlas. Claridad sobre el tema. - Ubica como resultado final un mapa de ideas que es fácil de entender e interpretar.	
Debate	Intervención en el debate. - Intervención que enlaza lo aportado por otros participantes, construye sobre lo dicho y sirve como semilla para la reflexión por parte de otros participantes. Aportes personales al tema. - Integra a sus aportes personales elementos valiosos para el debate. Reflexión personal sobre el tema. - Las opiniones y posturas de la reflexión son claras y sustentadas en documentos y referencias. Aportes para facilitar la dinámica. - Aporta soluciones a las preguntas planteadas.	25%
Línea de tiempo	Contenido. - Está redactado de una forma correcta y comprensible, las ideas son claras y a la vez sintéticas, por lo que son fáciles de comprender. Cronología. - Las fechas están ordenadas en forma ascendente, de la más lejana a la más cercana a la actual. Las épocas vienen marcadas. Periodos de tiempo bien definidos.	20%

	Diseño e imagen. - Uso de imágenes, fotografías y/o dibujos para clarificar el evento. Presentación. - La selección de los colores y la tipografía usada fueron atractivas, además la línea de tiempo se entregó de forma limpia en el formato que determinó el docente (papel).	
Informe Escrito	Contenido. - Presenta todos los temas con profundidad y de manera sintetizada. Redacción. - Redacta un informe de manera clara, precisa y sin faltas de ortografía. Conclusión. - Incluye un análisis y el desarrollo del trabajo. Da su opinión sustentada. Bibliografía. - Incluye más de dos fuentes bibliográficas con todos sus datos siguiendo la norma ICONTEC.	25%
Autoevaluación	Trabaja con tolerancia y de buen agrado con cualquiera de sus compañeros de clase. Se interesa por aprender de sus demás compañeros. Aporta ideas para comprender nuevos conceptos. Se interesa por desarrollar todas las actividades propuestas. Cumple con seriedad y compromiso con los roles asignados dentro de su equipo. Trae a clase todos los implementos solicitados por la docente.	10%

	Asiste con puntualidad a las clases.	
	Cumple con las tareas asignadas a tiempo y en forma.	

4.2.2. Secuencia Didáctica No. 2

a. Contextualización

Esta secuencia didáctica se dirige al mismo grupo de estudiantes de la LEB-Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Escuela de Educación de la Universidad Industrial de Santander, al que se le aplicó la secuencia didáctica 1, solo que para esta se encuentran cursando no Biología, sino la asignatura Niveles de Organización Vegetal y Animal y que son 28 estudiantes porque dos se retiraron de la universidad.

b. Temática o Situación Problemática

En la enseñanza y aprendizaje de las ciencias tienen igual importancia el aprendizaje de conceptos como de procedimientos y de valores. Respecto a los procedimientos, Pozo y Crespo (2006; p. 66)¹⁵⁷, afirman que se debe disponer de criterios de para seleccionar procedimientos que permitan el aprendizaje de las ciencias. Esto criterios están definidos por su funcionalidad, y dicha característica permite que sean clasificados como procedimientos para 1) adquirir nueva información (de observación, manejo y selección de fuentes de información, etc.); 2) elaborar o interpretar datos recogidos; 3) aprender a analizar y hacer inferencias a partir de datos; 4) comprender y organizar la información que se recibe y 5) comunicar sus conocimientos, ya sea usando recursos de expresión oral o escrita.

¹⁵⁷ POZO, J. I. y M. A. GÓMEZ-CRESPO, *Op. Cit.*, p. 66.

En este sentido, explorar uno de los procesos celulares como la mitosis a partir del desarrollo de habilidades procedimentales, puede propiciar de manera más eficiente la comprensión del mismo. Se pretende que, a partir de información científica relacionada con la embriogénesis de los cinco modelos biológicos de vertebrados, se conduzca al estudiante a que identifique e interprete en compañía de sus compañeros cómo la relación estructura/función la célula determina las funciones vitales de los seres vivos, en este caso de la mitosis y los vertebrados.

C. Justificación

Una de las dificultades encontradas en la población de estudio es que los estudiantes carecen de las habilidades para interpretar y relacionar esas ideas con las funciones vitales de seres vivos, aunque tengan las ideas generales de la célula en cuanto a dominio conceptual se refiere. Por ello, retomar las generalidades de lo que al modelo mitótico se refiere y utilizarlo en la búsqueda y explicación de ejemplos y adquisición de nueva información puede constituirse en una vía que permita que el estudiante aprenda acerca de este proceso celular y de su importancia para los organismos.

La importancia de la interpretación del proceso de la mitosis en sí no solo radica en analizar el proceso sino en desarrollar una habilidad que le permita al estudiante tomar otra relación de estructura / función celular y repetir el ejercicio con las funciones vitales de los seres vivos, y que desarrolle con ello autonomía en el aprendizaje.

d. Objetivo de la Secuencia

- ✓ Asociar relación estructura / función celular con funciones vitales de los seres vivos.

e. Competencias

Se espera que el estudiante desarrolle las siguientes competencias:

Cognitivas

- ✓ Reconoce que las funciones vitales de los organismos dependen de la función y estructura celular.

Procedimentales

- ✓ Desarrolla habilidades de interpretación que le permitan comprender la relación estructura / función celular con funciones vitales de los seres vivos.
- ✓ Explora resultados y posturas de autores respecto a las temáticas tratadas en clase y la comunica a sus compañeros
- ✓ Desarrolla el sentido de análisis crítico y hábito de reflexión.

Actitudinales

- ✓ Entiende que la bibliografía presentada y consultada es propiedad de otros y como tal la respeta.
- ✓ Valora positivamente el trabajo en equipo, la discusión y el intercambio entre pares.

f. Contenidos disciplinares e interdisciplinares relacionados con la temática o situación problemática

- ✓ Características de los seres vivos
- ✓ Evolución de la vida
- ✓ Conceptos básicos de microscopía y bioseguridad
- ✓ Teoría Celular

g. Estrategias Didácticas y Organización de las Actividades de Enseñanza y de Aprendizaje

Debido que la temática está direccionada hacia el desarrollo de embriones de vertebrados, el grupo será dividido en cinco subgrupos con seis integrantes cada uno. A cada grupo se le asignará uno de los grupos taxonómicos de vertebrados (peces, anfibios, escamados, aves y mamíferos) junto con el respectivo documento que contiene la información del modelo biológico con la cual trabajar.

Prevía revisión de la información, y de consultas adicionales, los estudiantes tendrán disponible una sesión de clase en la que discutirán abiertamente con sus pares acerca de la información que contenían los documentos, la forma de organizarla y tomarán decisiones respecto a qué material y / o actividades aplicarán en el momento de compartir dicha información con el resto de compañeros.

Posterior a la discusión grupal, por turnos de 30 minutos por grupo, los integrantes de cada grupo se reunirán con los demás compañeros en pequeños subgrupos, de modo que cada estudiante tendrá la responsabilidad de compartir la información de forma individual a sus interlocutores. Con esta actividad todos los estudiantes son responsables de la temática asignada, así que el trabajo en grupo se integra como una actividad que refuerza el proceso de aprendizaje en colaboración con sus compañeros y no como una distribución de responsabilidades.

A continuación, en el siguiente cuadro se describen las actividades a realizar:

Cuadro 9. Estrategias didácticas y organización de las actividades de enseñanza y aprendizaje de la Secuencia Didáctica No. 2.

FASE	ACTIVIDAD DEL PROFESOR (Acciones)	ACTIVIDAD DEL ESTUDIANTE (Compromisos y Evidencias de Desempeño)
PRELIMINAR	Durante el inicio de la clase, la docente indagará por el concepto que los estudiantes tienen respecto a la función que cumple la mitosis en los organismos eucariontes; los cuestionará acerca de la posibilidad de utilizar el mismo proceso para el estudio de organismos procariontes y tomará nota de las respuestas del grupo.	El estudiante previamente leerá los documentos, así en la sesión de clase cuando se reúna con sus compañeros tendrá los sustentos teóricos para la discusión grupal. Se espera que en la indagación los estudiantes expresen sus ideas respecto la situación planteada y así generar una corta discusión al inicio de la clase.
ENFOQUE	Previo al inicio de la sesión; la docente envía a los estudiantes, con 15 días de antelación, cinco recursos bibliográficos	Se familiariza con el material bibliográfico enviado por la docente y organiza la información acorde con sus hábitos de estudio.

	relacionados con los cinco modelos biológicos de vertebrados para que estén previamente enterados de la temática a trabajar. En esta fase se espera que el estudiante desarrolle habilidades de refuerzo propias del estudio del estudio y comprensión cognitiva (Estevez-Nenninger, 2003; p.110-111) ¹⁵⁸	En la discusión grupal manifiesta con sus aportes la interpretación de los documentos.
CONFRONTACIÓN	Propone como tema de análisis las preguntas ¿por qué la mitosis se consolida como un proceso de vital importancia para los organismos eucariontes? Brinda el espacio para que cada estudiante exponga ante sus pares los conocimientos acerca de la temática que tienen en común.	Explora y consulta otras fuentes bibliográficas que le permitan generar un discurso argumentado para exponerlo frente al grupo. Asume el rol de docente, organizando y planeando estrategias y actividades que le permitan presentar la información a sus compañeros de clase.
APLICACIÓN	Propone la realización de una exposición para que el conocimiento de la	Comunica con claridad y coherencia demostrando seguridad y dominio del

¹⁵⁸ ESTEVEZ-NENNINGER, Ety Haydeé. Enseñar y Aprender: Estrategias Cognitivas. Paidós. México, 2003. 232 p.

	temática pueda ser explicado por cada estudiante. Propone fuentes bibliográficas para que el estudiante profundice en las temáticas revisadas.	conocimiento propio de la temática. Aplica actividades de aprendizaje que favorecen la participación de todos los integrantes del grupo. Plantea nuevas preguntas que surgen del análisis de los textos y de la práctica de laboratorio y, además, genera interés por ampliar sus conocimientos.
SÍNTESIS	Hace el balance general de la actividad, en el que se valora, se clarifica, integra y profundiza.	Generaliza las experiencias realizadas para dar respuesta a la pregunta problémica a partir de la generalización del modelo biológico analizado. Reflexiona sobre el desarrollo de la temática y evalúa cualitativamente sus procesos de aprendizaje y los de sus compañeros

h. Textos de análisis

Los cinco textos a continuación serán los textos base para el análisis de la información; no obstante, solo un documento en correspondencia con el grupo taxonómico asignado será de obligatoriedad para la revisión bibliográfica:

MAÍFEROS: Valoración no invasiva de la gestación y la embriogénesis en ratón mediante técnicas de imagen ultrasonográfica¹⁵⁹.

AVES: El embrión de pollo como modelo de experimentación: ven y descubre la embriología¹⁶⁰.

ESCAMADOS: Descripción del desarrollo embrionario en condiciones de cautiverio de la tortuga hicoitea *Trachemys callirostris callirostris* (Testudinata: Emydidae) en el Parque Recreativo y Zoológico Piscilago (Girardot, Colombia)¹⁶¹.

ANFIBIOS: Tabla del desarrollo embrionario de la rana sabanera *Dendropsophus labialis*: Hylidae en cautiverio (Laboratorio de Biología de Desarrollo PUJ)¹⁶².

PECES: Estado del desarrollo embrionario del sábalo (*Prochylodus lineatus*)¹⁶³.

Análisis morfogénico de la gastrulación en peces teleosteos anuales del genero *Austrolebias*¹⁶⁴.

¹⁵⁹ PALLARES-GARCÍA, María del Pilar. Valoración no invasiva de la gestación y la embriogénesis en ratón mediante técnicas de imagen ultrasonográfica. Tesis de Doctorado. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Veterinaria, 2009. p. 35-60.

¹⁶⁰ CONTRERAS-RODRÍGUEZ, Julio, MARTÍNEZ-SAINZ, Pilar, SANTOS-RODRÍGUEZ, Inmaculada y ROJO-SALVADOR, Concepción. El embrión de pollo como modelo de experimentación: ven y descubre la embriología. XIV Semana de la Ciencia en Madrid. Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Anatomía y Anatomía Patológica Comparadas, Facultad de Veterinaria, 2014. 18 p. [Disponible en: <http://www.lcsanpablo.es/mangel/pollo.pdf>].

¹⁶¹ QUINTERO-GAVILÁN, Andrés Fernando. Descripción del desarrollo embrionario en condiciones de cautiverio de la tortuga hicoitea *Trachemys callirostris callirostris* (Testudinata: Emydidae) en el Parque Recreativo y Zoológico Piscilago (Girardot, Colombia). Tesis de Pregrado. Universidad Pontificia Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera Biología, 2010. 63 p.

¹⁶² SARRIA-RENDÓN, Fabian Andrés. Tabla del desarrollo embrionario de la rana sabanera *Dendropsophus labialis*: Hylidae en cautiverio (Laboratorio de Biología de Desarrollo PUJ). Tesis de Pregrado. Universidad Pontificia Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera Biología, 2010. 55 p.

¹⁶³ BOTTAA, P., A. SCIARAA, S. ARRANZA, L.D.S. MURGASB, G.J.M. PEREIRAB, y G. OBERLENDERB. Estado del desarrollo embrionario del sábalo (*Prochylodus lineatus*). En: Arch. Med. Vet. vol. 42, p. 109-114.

¹⁶⁴ PEREIRO-GONZALEZ, Luisa. Análisis morfogénico de la gastrulación en peces teleosteos anuales del genero *Austrolebias*. Tesis de Doctorado. Universidad de Chile, Facultad de Medicina, Escuela de Postgrado. 2008. p. 12-41.

i. Tiempo en minutos según horas de clase

Dos sesiones de trabajo, cada una de tres horas para un total de 360 minutos. La primera sesión corresponde a las fases preliminar, enfoque y confrontación, así como parte de la aplicación; y la segunda sesión a la aplicación y síntesis. Ambas sesiones tendrán lugar en el aula de clases (Aula 316 de la Facultad de Ciencias Humanas).

No obstante, se requiere que el estudiante dedique tiempo de trabajo independiente para desarrollar las actividades previas a cada sesión.

j. Recursos Didácticos

Bibliográficos e informáticos

Artículos científicos enviados por la docente.

Bibliografía de consulta extra que los estudiantes hayan encontrado.

Papelería, Equipos e Insumos

Los que el estudiante considere necesarios para el desarrollo de las actividades de la segunda sesión.

k. Evaluación

Se considera evaluar el proceso como formación y los productos como evaluación acumulativa. En la evaluación formativa, será importante la Autoevaluación en la que el estudiante valore su desempeño durante las sesiones del trabajo propuesto, reconociendo sus logros y dificultades. Adicionalmente se tendrá en cuenta la coevaluación, en la que los compañeros valoren tanto el trabajo en equipo como el individual de cada compañero de clase durante el desarrollo de la secuencia. Respecto a la evaluación acumulativa, se tendrá en cuenta la consecución y valoración de los procesos, así como el cumplimiento de los compromisos

planteados. Los criterios de evaluación están basados en el catálogo de rúbricas para la evaluación del aprendizaje del CUDI¹⁶⁵ (http://evirtual.uaslp.mx/FCQ/estrategias/Material%20de%20Apoyo/cat_rubrica.pdf#search=cat%C3%A1logo%20de%20rubricas):

Cuadro 10. Aspectos y criterios de evaluación de la consecución y valoración de los procesos desarrollados en la ejecución de la Secuencia Didáctica No. 2.

COMPROMISOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	VALORACIÓN (Escala de 1-5)
Seminario	Contenido. Demuestra seguridad y dominio del conocimiento propio de la temática	60%
	Uso formal del lenguaje. Comunica con claridad y coherencia el lenguaje propio de la temática. Establece un permanente contacto con el público a través del dominio de un registro lingüístico adecuado, un buen tono de voz, el código gestual y el contacto visual.	
	Estructura y orden. Plantea actividades de aprendizaje que favorecen la problematización. Hace preguntas de indagación o cuestionamientos que lleven a los compañeros a exponer sus propios argumentos. Sigue un esquema en la organización del tiempo y el desarrollo de las actividades.	

¹⁶⁵ Catálogo de Rúbricas para la Evaluación del Aprendizaje – CUDI, *Op. Cit.*

	Coherencia y pertinencia. Implementa estrategias didácticas de orden cognitivo, procedimental y/o actitudinal coherentes con la temática, haciéndola fácil de entender, y que permiten la participación de todos los integrantes del grupo. Comprensión. Da respuesta a las preguntas que le plantean sus compañeros durante la presentación de la temática y establece relaciones teórico prácticas que dan sentido a la temática.	
Coevaluación: Trabajo en Equipo	Control de la Eficacia del Grupo. Repetidamente controla la eficacia del grupo y hace sugerencias para que sea más efectivo. Calidad del Trabajo. Proporciona trabajo de la más alta calidad. Trabajando con Otros. Casi siempre escucha, comparte y apoya el esfuerzo de otros. Trata de mantener la unión de los miembros trabajando en grupo. Contribuciones. Proporciona siempre ideas útiles cuando participa en el grupo. Es un líder definido que contribuye con mucho esfuerzo. Manejo del Tiempo. Utiliza bien el tiempo durante la discusión previa a la realización del seminario para asegurar que las cosas estén hechas a tiempo.	20%

	Actitud. Nunca critica públicamente el trabajo de otros. Siempre tiene una actitud positiva hacia el trabajo.	
	Resolución de Problemas. Busca y sugiere soluciones a los problemas.	
	Enfocándose en el Trabajo. Se mantiene enfocado en el trabajo que se necesita hacer. Muy autodirigido.	
	Preparación. Trae el material necesario y siempre está dispuesto para trabajar.	
Autoevaluación	Trabaja con tolerancia y de buen agrado con cualquiera de sus compañeros de clase.	20%
	Se interesa por aprender de sus demás compañeros.	
	Aporta ideas para comprender nuevos conceptos.	
	Se interesa por desarrollar todas las actividades propuestas.	
	Cumple con seriedad y compromiso con los roles asignados dentro de su equipo.	
	Trae a clase todos los implementos solicitados por la docente.	
	Asiste con puntualidad a las clases.	
	Cumple con las tareas asignadas a tiempo y en forma.	

4.3. INTERVENCIÓN EN EL AULA: APLICACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA

En esta sección, la intervención didáctica, se da cuenta de los efectos del proceso de enseñanza sobre el aprendizaje de los estudiantes. De cada una de las secuencias, derivadas de las fases descritas en la sección “Estrategias didácticas y organización de las actividades de enseñanza y aprendizaje” (Cuadros 7 y 9), se obtuvieron varios productos, los cuales; junto con la observación y el diario de campo; se usaron como insumos para analizar el impacto que tuvo la intervención en el aula sobre el aprendizaje de la célula en el presente estudio. Los productos académicos de la Secuencia Didáctica No. 1 fueron el mapa de ideas, el protocolo con la exposición de argumentos del debate, la línea del tiempo y el informe de laboratorio. En la Secuencia Didáctica No. 2 el producto fue el desarrollo del seminario. Es pertinente mencionar que hubo necesidad de aumentar en una sesión de tres horas la Secuencia Didáctica No. 1, pues se realizó la práctica de Meiosis que no se había contemplado inicialmente.

Así, en los siguientes apartados se presentan los resultados por cada categoría de análisis definida desde el diagnóstico poblacional (p. 65-85, Cuadro 6): Dominio conceptual de célula, Composición celular de los seres vivos, Estructura celular y Función de los componentes celulares:

4.3.1. Análisis de resultados en la categoría “Dominio conceptual de célula”.

Como ya se discutió en apartados anteriores, una de las dificultades que poseen los estudiantes es la tendencia a la reproducción de la información con poca o nula conciencia respecto a lo que esas palabras significan. Así pues, cabe mencionar que con la intervención no se pretendió eliminar el concepto de célula que los estudiantes traían, sino de fortalecer algunos aspectos y permitir que se aclararan otros (ver Cuadro 6). Por ello las actividades diseñadas para la intervención en el

aula estuvieron basadas en la lectura y análisis de documentos que realizaron los estudiantes y a partir de ello, elaboraron mapas de ideas, participaron en el debate sobre teoría celular y construyeron una línea de tiempo.

✓ **Análisis del Mapa de ideas**

El mapa de ideas como un organizador gráfico para representar el conocimiento, puede ofrecer beneficios de tipo cognitivo a los estudiantes y por ende favorecer el proceso de aprendizaje. Para Campos-Arenas (2015; p. 10)¹⁶⁶, algunos de los beneficios están en que los mapas de ideas pueden facilitar el desarrollo del vocabulario de los estudiantes y mejorar la discusión grupal de un contenido o dominio específico; así como a mejorar la formación de imágenes mentales que pueden usarse, posteriormente, para guiar el recuerdo de proposiciones verbales.

En la fase preliminar de la Secuencia Didáctica No. 1, el mapa de ideas permitió al estudiantado el desarrollo de habilidades tanto cognitivas como procedimentales pues se mejoró en destrezas de comprensión y aprendizaje. Al respecto, en la mayoría de las representaciones se identificaron de forma eficaz la idea central, las ideas secundarias y las relaciones entre estas, además de presentar un esquema organizado; dando claridad a la temática abordada en los artículos suministrados; De igual forma, en algunos casos se hizo uso de imágenes en las ramas, así como la identificación de otras ideas de menor importancia en la estructura adheridas a ramas que contenían ideas de nivel superior (Figura 3). Estos aspectos dentro de una representación esquemática, de acuerdo con Román (1993)¹⁶⁷ en Rajadell,

¹⁶⁶ CAMPOS-ARENAS, Agustín. Mapas Conceptuales, Mapas Mentales y Otras Formas de Representación del Conocimiento. Colección Aula Abierta. Cooperativa Editorial Magisterio. Bogotá, 2015. 266 p.

¹⁶⁷ ROMÁN, José María. Entrenamiento en estrategias de aprendizaje: secuencias, principios y validación. En: C. MONEREO (coord.). Las Estrategias de Aprendizaje. Barcelona: Domènec, 1993. p. 169-191.

2000; p. 286)¹⁶⁸, son los aspectos que caracterizan la codificación compleja de la información dentro de las estrategias cognitivas y que direccionan al estudiante hacia la retención o almacenamiento de la información.

Contrario a los mapas de ideas descritos anteriormente, también se encontró representaciones en las que ideas fundamentales, e incluso las secundarias, no estaban identificadas acorde con la información revisada, o bien el esquema no fue lo suficientemente organizado jerarquizado, lo cual implicó que la información no fue lo suficientemente comprendida y relacionada (Figura 4). Al respecto, Vidal-Abarca y Gilabert (1994; p. 77)¹⁶⁹, refiriéndose a las representaciones en formato visual-espacial, sostienen que las proposiciones o ideas son un modelo que representa cómo el conocimiento está estructurado en la memoria y por ello permiten organizar y jerarquizar el conocimiento, pero también mejorar competencias lectoras de quien los utiliza. Así, para estos autores, los buenos lectores al analizar un documento seleccionan la información importante y jerarquizan las ideas del texto; acomodan la información que reciben a sus esquemas, con lo que pueden inferir información que no estaba presente o explícita en el texto o bien reordenarla y reconocen los esquemas presentes en el texto para recuperar la información que han leído.

¹⁶⁸ RAJADELL, Núria. Estrategias didácticas para el desarrollo de procedimientos. En: Revista Española de Pedagogía, 2000. vol. 217, p. 573-592.

¹⁶⁹ VIDAL-ABARCA, Eduardo y GILBERT, Ramiro. Mapas de ideas: una herramienta para el aprendizaje escolar. Datos y comentarios para una discusión. En: Comunicación, Lenguaje y Educación, 1994. vol. 21, p. 75-86.

Figura 3. Representación esquemática de la organización y jerarquización del conocimiento mediante un mapa de ideas realizado por un estudiante. Aparece señalado con líneas punteadas, en la parte superior izquierda de la imagen, el segmento del mapa que se ha ampliado (izquierdo y derecho). [Continúa en la siguiente página].



Continuación de la Figura 3.

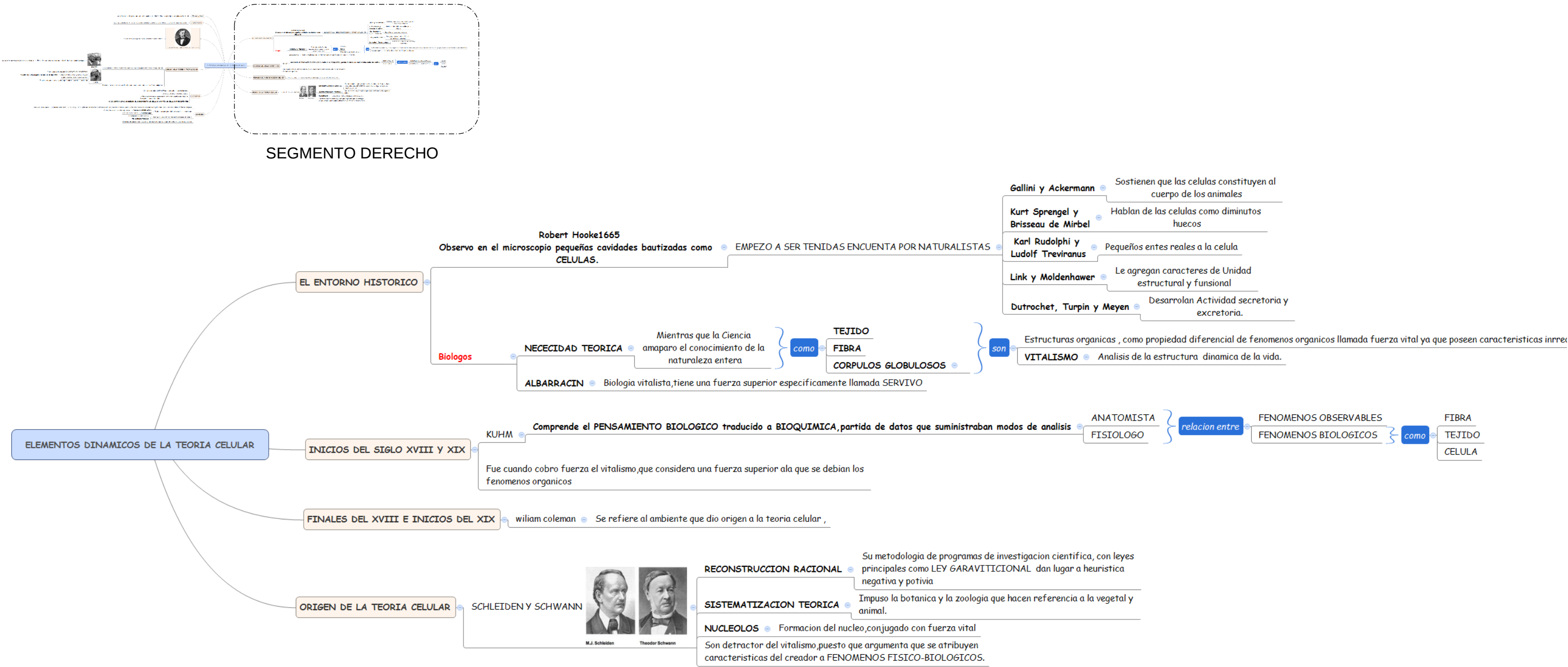


Figura 4. Representación esquemática de la organización y jerarquización del conocimiento mediante un mapa de ideas realizado por un estudiante.



✓ **Análisis del Debate**

El inicio del debate, el cual ocurrió el 5 de septiembre de 2016 a las 2:00 pm y su duración fue de 1 hora y 14 minutos. El lugar de su realización fue el Salón 301, Facultad de Ciencias Humanas de la UIS. Al debate lo precedió una discusión dentro de los dos grupos con las dos posturas: los avances en la construcción de la Teoría Celular debidos al desarrollo o adelantos tecnológicos vs. la curiosidad y el movimiento científico del momento.

El debate, considerado un mediador de la discusión, promueve la actividad social, dando paso al desarrollo de la capacidad reflexiva, crítica y el pensamiento de alto nivel; con participación tutorada y trabajo en equipo (Díaz-Barriga, 2003)¹⁷⁰, más que individualmente. En la discusión se percibió que todos los integrantes tenían disponibles el mapa de ideas que habían trabajado de forma independiente e hicieron uso de él, lo cual permitió que fluyeran las ideas, además de decidir quién exponía los argumentos que identificaban la postura del grupo. Al escoger a un representante de todo el grupo, se da por sentado que el grupo entiende que el colectivo proporciona soporte social y seguridad sicológica; característica importante para el funcionamiento correcto y coherente de un grupo (Rajadell, 2001; p. 4)¹⁷¹.

Durante el debate la participación fue alta, se presentaron 33 contribuciones (detalle presentado en el protocolo) distribuidas en 21 estudiantes de los 28 asistentes. Los argumentos iniciales expuestos por el primer grupo estuvieron alrededor de tres ideas que ellos denominaron pensamiento consciente, innovación del microscopio y uso de técnicas histológicas, mientras que el segundo grupo giró toda su discusión

¹⁷⁰ DÍAZ-BARRIGA, Frida. Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *En*: Revista Electrónica de Investigación Educativa, 2003. vol. 5, no. 2, p. 1-13. [Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1607-40412003000200011&script=sci_arttext].

¹⁷¹ RAJADELL, N., *Op. Cit.*, p. 4.

respecto a la motivación e interés científico. A continuación, se presentan fragmentos de los argumentos expuestos, así como apartados de la discusión generada por los contraargumentos y su análisis.

ARGUMENTOS DEL GRUPO 1:

“Entonces ahora, como parte de argumentos, yo... eh... voy a hablarles del pensamiento consciente, entonces primeramente queríamos exponer que los científicos aislaron el pensamiento de la iglesia, entonces se aisló de eso y se hizo un pensamiento más científico para relacionar fenómenos físicos con la vida...con la vida y la materia. Un segundo argumento tenemos: con la mejora de los microscopios, entonces ahí ya primeramente empezamos a hablar de lentes, después se empezaron a trabajar lo que fue lupas para desarrollar un microscopio simple, después hablábamos de un microscopio más elaborado que se hizo para la observación de glóbulos y la estructura de la célula. Y ya por último tenemos las técnicas histológicas, que se hizo para la observación microscópica y el uso de tintes... de colorantes para poder ver los finos detalles del interior de la célula y que eso pudo permitir la identificación de cada uno de estos y el reconocimiento de la función de cada uno de ellos. Ya para finalizar, lo que queremos decir es que todo esto los llevo a ellos, a identificar lo que se estaban como buscando respecto al origen de la vida [léase la unidad básica y mínima de la vida] y la Teoría celular. Entonces primero se identificó una fibra, después se pasaron a los glóbulos y ya después finalizaron con la estructura de la célula que para eso se usaban, y que actualmente también se usan, los colorantes y los tientes para determinar las estructuras que tiene la célula”.

ARGUMENTOS DEL GRUPO 2:

“Buenas tardes, les voy a hablar de los elementos dinámicos de la Teoría Celular. ¿Entonces partimos de qué?, de que en el mundo el ser humano siempre ha sido curioso, ha tenido esa necesidad y ese deseo por conocerlo. Eh... más allá de lo que puede ver, tocar y pues en los inicios el hombre estaba resignado en la parte de que podía conocer el mundo de acuerdo a los sentidos, pero con el tiempo se empezó a razonar y a implementar ideas sobre cómo sería más allá, y una de ella fue conocer el origen de la vida [léase la unidad básica y mínima de la vida]. Desde ahí partimos... y pues... inicialmente se empezó a investigar y a mirar y a conocer a la naturaleza y sobre cómo estamos nosotros formados o cuál era nuestra parte fundamental o esencial, que hacía que nosotros fuéramos diferentes a una roca o que quizás qué nos hacía diferentes y qué era eso que nos ayudaba o nos hacía dar vida. Uno de los investigadores que hizo un gran aporte fue Robin Hood... [risas]... [intervención de la moderadora para llamar al orden y el respeto hacia el otro]...Robert Hook. Entonces él, como quizá muchos de su época, empezaron a cuestionarse. Ya no se quedaron en un razonamiento o cuestionamiento como tal, sino que empezaron ya a indagar, a investigar y entonces esto lo llevó a él a mirar ahí las partes. Él investigó u observó un corcho, la parte de una planta, y observó lo que él en ese momento y con su razonamiento denominó como célula, pero él no observó la célula como tal sino unas celulillas de la misma estructura. Esto lo llevó a él, fue como el primer paso e hizo que otros investigadores también tuvieran curiosidad por conocer. Entonces como que de una u otra forma enfocó la investigación en esa época hacia la parte de la célula, hacia mirar el origen de la vida, como tal. A partir de que salió Robert Hook, él fue el primero que denominó la parte de la célula, entonces llegaron muchos más, con mucha curiosidad de la célula y dijeron ¡listo! Vamos a ver qué fue lo que descubrieron y volvieron a ratificar lo mismo que él había dicho. Entonces surgieron muchas teorías, empezaron a sacar cada uno por su lado, empezaron a estudiar la célula, a empezar a sacar cada uno de los conceptos pues para llegar a algo. Entonces a partir de ahí, solamente

llegaron dos, Schleiden y Schwann, Schwann fue el único que cogió todo eso que habían dicho sobre la célula y lo sistematizó. Y eso que él sistematizó fue lo que más o menos llegó a lo que conocemos hoy por concepto de célula”.

Como grupo perciben que el desarrollo de la Teoría Celular se da como una consecuencia de la búsqueda de los componentes más básicos de lo que la vida es. Esto se evidencia no en los argumentos iniciales sino durante la discusión posterior, pues al principio parecen confundir la frase “cuál es la base de la vida” con “el origen de la vida”.

Aunque hablan de avances científicos y de los científicos, son muy pocos los momentos que dan cuenta de las personas detrás de esos avances. Así mismo resalta el hecho de que para ellos, en lo que a avances de la Teoría Celular se refiere, la célula no pasó de tener una estructura que contenía en su interior más que finos detalles, sin aclarar a qué se referían con estructura y/o finos detalles, pues no dan cuenta de los nombres que se fueron asignando, y mucho menos se expresa que el desarrollo del lenguaje científico fue un avance que permitió precisión y significado en la comunidad científica frente a los hallazgos. Es decir, que se sigue percibiendo poco o nulo dominio del lenguaje científico y por el contrario se percibe como una tendencia frecuente hacia la simplificación conceptual; por lo tanto, todavía se percibe débil la conceptualización de célula.

CONTRAARGUMENTOS:

El primer grupo expone que, gracias a los avances expresados en las tres ideas anteriores, hay una secuencia de hallazgos importantes que permitieron a los científicos del momento desarrollar no solo la Teoría celular, sino acercarse al objetivo inicial que era reconocer la vida desde su origen basal.

En términos generales, pese a que se habla de las técnicas histológicas al inicio del debate, estas no vuelven a aparecer en la discusión, contrario a la presencia del microscopio y a Hook, dos elementos importantes y constantes durante todo el debate. Así mismo, respecto a los postulados, solo se debate en razón del primer postulado, con los aportes de Schleiden y Schwann, pero no sobre los aportes de Remak y Virchow y lo que esos aportes significaron en términos de entendimiento de reproducción celular. Justo por este motivo, se amplió una práctica de laboratorio que pretendía desarrollar algunas habilidades procedimentales respecto a la Mitosis.

A continuación, un fragmento de la intervención de la monitora, la cual da información que permite concretar los contraargumentos:

Moderadora: ¿Hasta ahora qué [argumentos] tenemos? La postura de este equipo es: microscopio y técnicas de tinción lo más importante [para el desarrollo de la Teoría Celular]... sin embargo no es lo único. Ustedes [segundo equipo], movimiento científico y curiosidad lo más importante y vino por añadidura el desarrollo del microscopio. Como contraargumentos de sus compañeros tenemos que lo que se hace con esas herramientas son acumulación de información sin ningún análisis; y del otro lado postulan que no solo son la acumulación, sino que es información valiosa obtenida a través del microscopio que se usó posteriormente.

De la recuperación anterior, hecha por la moderadora (docente investigadora) surgen comentarios por parte de los estudiantes como:

“Nosotros no estamos desmeritando como herramienta el microscopio, no estamos diciendo: ah no, si no hubiera estado el microscopio hubiéramos encontrado la célula. No. Lo que pasa es que lo que queremos decir es que el microscopio surge

a raíz de la curiosidad del inventor del microscopio ¿Cuál fue la finalidad [que se tenía] para armar el microscopio? El microscopio no surgió de la nada. ¿Alguien llegó y dijo yo voy a hacer un aparato aquí? ¡No! Surgió por una finalidad, fue creado con una esencia, fue creado para un fin. En ningún momento estamos diciendo que no es una herramienta importante, estamos diciendo que esta surgió como el deseo y la necesidad de investigar más”.

“Pues nosotros primeramente no estábamos diciendo que no sea valedero esto del pensamiento científico, realmente partimos de eso. Pero yo principalmente les quiero cambiar la cosa si le agregamos una variante y los experimentos que ustedes describían con los tarritos esa fue una necesidad, pero entonces qué es como tal lo que estaban haciendo, ¿no es una técnica? ¿No es algo tecnológico? Porque lo tecnológico no es solamente decir venga y enchufo un microscopio y voy a observar al microscopio”.

No se está diciendo que esos experimentos no sean algo técnico, lo que se lleve a hacer sin importan que lleve paso de corriente o algo así, ya es un acto técnico, ¿no? Entonces a lo que nosotros vamos es que si ese dato se dio fue por qué, se dio por la necesidad que tenía el ser humano y seguimos defendiendo que la curiosidad fue la que llevó a que ese acto”. “Si no hay curiosidad el microscopio sigue siendo un objeto y ya”.

En respuesta a las expresiones previas, un estudiante presenta un breve recuento histórico de la invención del microscopio, mostrando que el uso inicial era opuesto al de observar diversas formas y estructuras de los organismos.

Finalmente, otro estudiante sintetiza y trata de reconciliar las dos posturas:

“También en el desarrollo [del conocimiento] científico viene a retomar la historia de lo que ellos plantearon anteriormente, desde la era en la que utilizaron la tecnología como tal, pero todo es como un complemento, que una persona planteó tal cosa y esa idea se replanteó con otro conocimiento... como le dijera yo, es un complemento del conocimiento ¿si me entiende? Entonces, desde ese tiempo es válida las teorías que usted [miembro del otro equipo] planteó. Ellos partieron de un conocimiento y lo complementaron más adelante”.

✓ **Análisis de la Línea de tiempo**

Autores como Rajadell (2000; p. 579)¹⁷² delimitan la línea de tiempo como una estrategia para el desarrollo de contenidos procedimentales; facilitando, mediante la representación, la introducción de conocimientos específicos a partir de la organización de fechas. Campos-Arenas (2015; p. 103)¹⁷³ puntualiza al respecto y dice que los eventos representados de forma gradual dan una visión objetiva de los hechos y los momentos históricos en que ocurrieron para facilitar su descripción y comprensión.

Del análisis de las seis líneas de tiempo, producto del trabajo en equipo de la intervención con la primera secuencia didáctica, se encontró en dichas representaciones la presencia de elementos propios de la línea de tiempo como son los eventos y las fechas correspondientes; todas ellas con variaciones en la cantidad y especificidad de la información (ver Figura 5). En la instrucción inicial se les pedía a los estudiantes que elaboraran la línea con los eventos que marcaron la construcción de la Teoría Celular, así que cada grupo decidió el criterio de análisis y por ello las líneas diferían entre sí; por ejemplo, algunos usaron como eventos los

¹⁷² RAJADELL, N., *Op. Cit.*, p. 579.

¹⁷³ CAMPOS-ARENAS, A., *Op. Cit.*, p. 103.

movimientos sociales y científicos, otros la invención de instrumentos y/o los personajes involucrados en tales eventos.

Aunque los eventos estaban definidos, la delimitación del tópico o temática -el tercer elemento de una línea de tiempo- no estuvo presente en dos de las cuatro líneas; y en algunas en las que el tema fue resaltado, el tópico no presentó relación con los eventos. Por ejemplo, un tópico presentado en un esquema era “Postulados de la Teoría Celular” pero los hechos que se ubicaban no correspondían a postulados sino a movimientos sociales y científicos característicos de los periodos representados, pero en ningún momento se especificó los postulados.

En las líneas de tiempo, un aspecto a tener en cuenta es la organización de la información según criterios cronológicos. Al respecto, Narváez (2013; p. 31)¹⁷⁴ menciona que las líneas de tiempo son útiles porque “permiten ver la duración de los procesos, la simultaneidad o densidad de los elementos, la conexión entre sucesos que se desarrollaron en un tiempo histórico determinado y la distancia que separa una época de otra”. Al analizar las representaciones hechas por los estudiantes, estas no mostraron correspondencia entre los hechos y la gradualidad; lo que evidencia que la población de estudio no organizó objetivamente la información frente a la construcción del conocimiento alrededor de la Teoría Celular, y justo la objetividad se percibe como una actitud importante para el desarrollo de pensamiento crítico (D'Angelo, 1971 en Wals y Paul, 1989)¹⁷⁵.

¹⁷⁴ NARVÁEZ, José. La línea de tiempo como estrategia didáctica para la enseñanza de la historia en primaria. *En*: Publicaciones Didácticas (en línea), 2013. vol. 41, p. 29-33. [Disponible en: <http://publicacionesdidacticas.com/hemeroteca/articulo/041014/articulo-pdf>].

¹⁷⁵ D'ANGELO, E., *Op. Cit.*

Figura 5. Representación esquemática de la relación de momentos históricos que marcaron el desarrollo de la Teoría Celular realizadas por los estudiantes.



Además, teniendo en cuenta que es muy probable que haya información no consultada, pues el propósito no era realizar una búsqueda exhaustiva de la bibliografía relacionada con la Teoría Celular, y que otros eventos pudieran estar por fuera de los puntos de partida y finalización del esquema presentado por algunos grupos, al momento hacer la representación no se tuvo en cuenta la

ubicación de flechas, dando por sentado que antes y después de estas fechas no hay avances de tipo social o tecnológico que enriquezcan dicho conocimiento. Con la ausencia de este detalle se puede pensar que para algunos estudiantes el conocimiento, en lo que respecta al desarrollo conceptual de la Teoría Celular, se sigue presentando de forma acumulativa y se percibe como conocimiento terminado.

En síntesis, basado en los análisis anteriores en la categoría “Dominio Conceptual de célula”, la población de estudio es capaz de desarrollar habilidades de tipo cognitiva que parten de la organización compleja y jerarquización del conocimiento mediante el mapa de ideas, la discusión grupal y el desarrollo del debate, no obstante, en términos de contextualización del conocimiento, el grupo continúa presentando dificultad frente a la comprensión de cómo y en qué momentos sociales se genera el conocimiento en la ciencia.

4.3.2. Análisis de resultados en las categorías “Composición celular de los seres vivos” y “Estructura celular”. El abordaje de estas categorías durante la fase de intervención se planeó desde las dos secuencias didácticas y ejecutó a partir de dos prácticas de laboratorio tituladas “La Célula” y “Mitosis”.

Ruiz-Ortega (2007; p. 54)¹⁷⁶ plantea que las prácticas de laboratorio, asumidas como miniproyectos (definidos por Hadden y Johnstone como pequeñas tareas que representan situaciones novedosas para los alumnos, dentro de los cuales ellos deben obtener resultados prácticos por medio de la experimentación); pretenden

¹⁷⁶ RUIZ-ORTEGA, Francisco Javier. Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. En: Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 2007. vol. 3, no. 2, p. 41-60. [Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/1341/134112600004/>].

aportar al desarrollo de un pensamiento independiente en el educando y valorar el componente actitudinal y de interés del educando como elemento que potencie su actitud hacia el aprendizaje de las ciencias.

Previo a la realización de la práctica de laboratorio, se hizo otra práctica que buscó solventar otras dificultades de tipo pragmático respecto al uso y funcionamiento del microscopio, pues los estudiantes expresaron que desconocían conceptos básicos relativos a la microscopía como son: técnicas de preparación de montajes, aumento, resolución, definición, parafofocalidad, contraste, profundidad de campo, diámetro de campo y contraste.

✓ **Análisis de las prácticas de laboratorio**

Las prácticas de laboratorio estuvieron pensadas para que los estudiantes aprendieran tanto de los ejercicios de simulación como de los textos que estaban incrustados en la guía, así como la organización posterior de la información.

Una forma de asegurar que los estudiantes leyeran y prepararan la guía antes de ingresar al laboratorio, fue pedirles que hicieran un pre-informe que consistía en organizar la información en mapas procedimentales, los cuales se les sugirió que los realizaran siguiendo las indicaciones de Campos-Arenas (2015; p. 145)¹⁷⁷ y los consignaran en su cuaderno de registro de observaciones. Así mismo, se les solicitó la realización de un informe escrito, posterior a las prácticas, pues de acuerdo con Rajadell (2001; p. 26)¹⁷⁸, esta es una forma de fortalecer estrategias de recuperación, evocación y utilización de la información, y con ello responder a una necesidad evidenciada con el diagnóstico como fue la simplificación del concepto.

¹⁷⁷ CAMPOS-ARENAS, A., *Op. Cit.*, p. 145.

¹⁷⁸ RAJADELL, N., *Op. Cit.* p. 26.

En general, las prácticas fueron motivadoras. El principal interés se generó respecto a la observación de la célula, pues para ellos, a excepción de cuatro estudiantes, observar células al microscopio era una novedad. Tratando de responder a la necesidad generada por la simplificación del concepto, a los estudiantes se les pidió, además de observar, que esquematizaran las células y rotularan sus partes haciendo énfasis en el aumento al que se estaban observando.

Cuando los micropreparados fueron muestras de células eucariontes los estudiantes preguntaban cosas como “¿dónde están los organelos?”, “¿qué es ese puntico que hay en el centro?”, “¿puedo tomar una muestra de mi sangre ahora y ver las mismas células que veo al microscopio?” Sin embargo, el mismo interés no se generó al observar las células procariotas, pues para ellos era difícil comprender como esos “punticos” pudieran ser células; todo ello debido a la dificultad que tienen de pensar la célula desde su tamaño y las diferencias que al respecto existen entre la célula procariota y eucariota, como si fuesen un imaginario.

Otra ganancia, permitida con la práctica del laboratorio, fue la aproximación de la información debatida en actividades previas respecto al desarrollo de la Teoría Celular tiene con la observación de células con el microscopio compuesto. Los estudiantes daban opiniones como: “sin los microscopios es imposible poder mirar células”, “debieron ser muy curiosos e inteligentes los científicos que hablaron de ella sin verla”. Así, al final de la práctica “La Célula”, como ya tenían información previa respecto al tamaño de las muestras que pueden ser observadas al microscopio compuesto, parte de la síntesis consistió en hacer énfasis en los tamaños celulares de los eucariontes y procariontes observados.

Respecto a la práctica de “Mitosis”, hubo interés por parte de los estudiantes sobre la técnica aplicada en la preparación de la muestra. Vale mencionar que fueron

rigurosos respecto a los pasos a seguir. No obstante, las muestras no fueron en todos los casos muestras aptas para su observación, pues ellos suponían que si el micropreparado tenía mayor cantidad de colorante, su observación sería más fácil. Así que las muestras quedaban saturadas y de difícil observación. De nuevo se puede notar que hay persistencia respecto a dificultades relacionadas con el uso y función del microscopio.

Superados los inconvenientes de la preparación de la muestra, los estudiantes se dispusieron a hacer las respectivas observaciones. Lo que más les llamó la atención fue no ver que en todo el tejido no se presentaran células en división. Al respecto, hubo necesidad de aclarar que en los extremos de la raíz, como en otras zonas, se encuentra el tejido de crecimiento, a lo que un estudiante respondió “¡por eso es que estamos viendo mitosis en la raíz!” y como respuesta otro estudiante preguntó “¿entonces puedo hacer el mismo experimento con raíz de cebolla larga y tendría las mismas cosas [células en división] o con otra raíz?”

Dentro del informe, en su presentación los estudiantes presentaron sus observaciones y anotaciones. En sentido amplio, los informes contenían todos los apartados solicitados. No obstante, aunque se pretendía reforzar cognitivamente la adquisición de lenguaje propio de la célula, los esquemas que presentaron no presentaron rótulos, pero sí se encontraban en las descripciones. Por ejemplo, para las células vegetales observadas aparecen referenciados la pared celular, la membrana celular, el citoplasma, los cloroplastos, la vacuola y el núcleo. Mientras en las descripciones de células animales se hace mención de la membrana, el citoplasma y el núcleo. Y en el caso de las observaciones de células en estado mitótico, hubo representación esquemática y descripción de las células observadas.

Finalmente, las conclusiones a las que llegaron no eran verdaderas conclusiones o no eran derivadas de sus observaciones y análisis; predominó la copia textual de apartados de libros o páginas web con un agravante, el no registro de los autores de dicha información. Por ejemplo, una conclusión de este tipo era la siguiente: “La sangre es un tejido líquido que recorre el organismo, a través de los vasos sanguíneos que transporta las células necesarias para llevar a cabo las funciones vitales. [...] Tiene un papel importante en funciones como la coagulación, la inmunidad y el control de la temperatura corporal”.

Desde la didáctica de la ciencia, los contenidos procedimentales cobran gran interés porque los alumnos construyen conocimientos a partir de desarrollar habilidades, destrezas y estrategias de tipo cognitivo, manipulativo, comunicativas y de investigación (Cordón-Aranda, 2008)¹⁷⁹. En este sentido, las prácticas de laboratorio se constituyen como destrezas propias del trabajo experimental que permiten el manejo de material biológico y la realización de montajes, prestando atención a la manipulación de material acorde con las normas de bioseguridad, la manipulación de los aparatos y la realización previa de montajes (Pro, 1998¹⁸⁰; citado por Cordón-Aranda, 2008)¹⁸¹.

4.3.3. Análisis de resultados en la categoría “Función celular”. Para el análisis de esta categoría en la etapa de intervención, fue necesario hacer el análisis respectivo de lo que el seminario constituyó.

¹⁷⁹ CORDÓN-ARANDA, Rafael. Enseñanza y aprendizaje de conocimientos científicos (contenidos procedimentales) en la educación secundaria obligatoria: análisis de la situación, dificultades y perspectivas. Tesis de Doctorado. España: Universidad de Murcia. Departamento de Didáctica de las Ciencias Naturales, 389 p.

¹⁸⁰ PRO, Antonio. ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en clases de ciencias? En: Enseñanza de las Ciencias, 1998. vol. 16, no. 1, p. 21-41.

¹⁸¹ CORDÓN-ARANDA, R., *Op. Cit.*

✓ **Análisis del Seminario**

Previo al inicio del seminario, los estudiantes tuvieron una sesión en la que trabajaron en grupo para tomar decisiones respecto a las actividades a realizar, así como el material a usar y el contenido a incluir. Esta actividad fue enriquecedora, pues cada grupo trabajó con un objetivo común: asociar la relación estructura/función de la célula con funciones vitales de los seres vivos, mediante una estrategia que permitiera presentar la información y promoviera el aprendizaje a los demás compañeros. Dada la organización de la actividad, todos los miembros de los equipos fueron responsables del objetivo común, así que cada uno se esforzó por lograr la mejor versión del seminario.

Respecto a la planeación, el resumen como estrategia de refuerzo el resumen fue el instrumento de mayor uso en los estudiantes; sin embargo, hubo quienes además del resumen resaltaron ideas en el documento. Algunos hicieron un listado de términos y su respectiva consulta del significado; los cuales sirvieron como fichas nemotécnicas en el momento de hacer la presentación de la información en el seminario. De igual forma resalta el hecho de que nadie usó organizadores gráficos del contenido para facilitar la comprensión de los textos pese a que ya habían tenido experiencias positivas con este tipo de herramientas. Para Rajadell (2001; p. 26)¹⁸² en lo que a estrategias de aprendizajes se refiere, estas tienen aspectos relacionados con subrayar, realizar una primera lectura, etc. como estrategias de codificación elemental dentro de las estrategias de adquisición o codificación de la información; y hacer esquemas (mapas, por ejemplo) y / o resumen como estrategias de organización o codificación compleja dentro de las estrategias de retención o almacenamiento de la información.

¹⁸² RAJADELL, N., *Op. Cit.*, p. 26.

De otro lado, una de las razones que motivaron la escogencia de la temática a trabajar (que el estudiante identifique e interprete en compañía de sus compañeros cómo la relación estructura/función la célula determina las funciones vitales de los seres vivos, en este caso de la mitosis y los vertebrados); además de la dificultad de los estudiantes a relacionar funciones vitales de los seres vivos con la célula; fue el contexto general que se estaba tratando en la asignatura y que correspondía a historia natural de los vertebrados. Este aspecto llevó a que cada estudiante iniciara su seminario hablando de generalidades del grupo de vertebrados asignado, y que con ello particularizara en aspectos del ciclo de vida como el desarrollo de células de la línea germinal (ovogénesis y espermatogénesis) que son las responsables de la formación del cigoto, el cual inicia su desarrollo con duplicación de células somáticas por mitosis. Estas últimas células fueron el objeto de estudio del seminario, por lo que los procesos posteriores a la unión de gametos estuvieron presentes en la mayor parte de la exposición.

La estrategia que predominó en el desarrollo del seminario fue la expositiva, y en algunos casos esta estuvo combinada con la interrogación didáctica. Tal como lo describe Rajadell (2001; p. 10)¹⁸³, los estudiantes realizaron una exposición oral y sus compañeros escuchaban y /o tomaban apuntes; y la interacción con los compañeros se limitó a la parte de final de la exposición, y solo como comprobación del aprendizaje asimilado mediante preguntas. No obstante, si se evidenció que cada estudiante expositor se apropió de la temática a trabajar planeándola y ejecutándola.

En lo que compete a los recursos, la exposición oral de los estudiantes estuvo apoyada por el uso de material gráfico en folletos informativos tipo trípticos, rotafolios, frisos, datos curiosos, imágenes, la ruleta para explicar los eventos del

¹⁸³ RAJADELL, N., *Op. Cit.*, p. 10.

desarrollo embrionario, diapositivas en PowerPoint®, cajas explosivas (scrapbook) y videos (Figura 6).

Figura 6. Registro fotográfico de los recursos que apoyaron la exposición oral de los estudiantes durante el desarrollo del seminario.



La fase de cierre de cada seminario estuvo caracterizada por situaciones interrogativas con dirección expositor a oyentes. En el cuadro 11 se muestran las preguntas y su clasificación tomando como referente la taxonomía de preguntas de Sanders (1966¹⁸⁴ en Moreno, 2015)¹⁸⁵. Resalta el hecho de que la mayoría de preguntas que se hicieron, en su mayoría son preguntas para ejercitar la memoria, reforzando con ello la estrategia expositiva utilizada en la mayor parte del seminario. Así mismo, no se presentó preguntas de aplicación y evaluación, dos tipos de preguntas que evidencian un nivel de pensamiento superior.

Finalmente, en la fase de síntesis, se dio el espacio para que de forma general el grupo de estudiantes hiciera los comentarios finales respecto a la generalización de la actividad mitótica presentada al inicio del ciclo de vida de los cinco modelos biológicos. Dos estudiantes se ofrecieron voluntariamente para concretar la actividad y llegaron a conclusiones como: “Los nombres de las fases son los mismos”, “el cigoto en los cinco grupos empieza con una sola célula”, “la duplicación celular [mitosis] produce las células del embrión”. Con estas reflexiones se da cierre al seminario.

¹⁸⁴ SANDERS, Norris. Classroom Questions: what kinds? Harper and Row. New York, 1966.

¹⁸⁵ MORENO, Francisco Morón. La importancia de hacer buenas preguntas a nuestros alumnos de la ESO. En: Revista Arista Digital (en línea), 2015. vol. 54, p. 1-12. [Disponible en: http://www.afapna.es/web/aristadigital/archivos_revista/2015_marzo_5.pdf].

Cuadro 11. Relación de preguntas realizadas por los estudiantes mientras cerraban su presentación oral durante el seminario. * Los descriptores corresponden a la revisión de Moreno (2015, p. 8-9)¹⁸⁶.

TIPO DE PREGUNTA (NIVEL COGNITIVO QUE ESTIMULAN)	DESCRIPTOR*	PREGUNTAS DE LOS ESTUDIANTES EN EL SEMINARIO
Preguntas Memorísticas (Conocimiento)	Son aquellas que se formulan con la intención de que el alumno recuerde o conozca la información. Sientan las bases sobre los que se podrán alcanzar niveles cognitivos más elevados.	¿Cuál es el nombre científico (subespecie) de la hicotea? ¿Cuáles son las fases [del desarrollo embrionario de anfibios]? ¿Cuánto es el tiempo fetal en los mamíferos? ¿Cuánto tiempo dura un pez en salir del huevo? ¿Cuánto tiempo se demora en ser fecundado el óvulo? ¿Cuántos embriones en la fecundación interna se pueden dar? ¿Cuántos huevos pone la hembra [de peces] por camada? ¿El plastrón de las hembras [de tortuga] cuantos centímetros crece? ¿En qué cavidad se sitúa el óvulo después de fecundado? ¿En qué tiempo [época del año] se comercializa más [la hicotea]? ¿La hicotea pertenece a zonas de qué tipo?

¹⁸⁶ *Ibíd.*, p.8-9.

		¿Qué temperatura debe haber para que nazcan [tortugas] macho? ¿Qué tipo de huevo está presente en los peces? Las hembras [de hicotea] más grandes, ¿cuántos huevos colocan? ¿Cuándo y en qué etapa comienza el proceso de fecundación?
Preguntas de Traducción (Conocimiento)	Son las que piden al estudiante que cambie la información recibida a otra forma de comunicación o lenguaje.	¿En qué consiste el cortejo [de tortugas macho]? ¿Qué características presente el pez anual? ¿Cómo se diferencia un pez de una ballena, siendo ellos acuáticos?
Preguntas de Interpretación (Comprensión)	Se caracteriza porque el estudiante tendrá que relacionar hechos, generalizaciones, definiciones, valores y destrezas, para su respuesta.	Actualmente [la hicotea] está en vía de extinción, ¿por qué? ¿Por qué a las mujeres [no] les llega el periodo estando embarazadas? ¿Por qué el ornitorrinco es un mamífero? ¿Por qué un bebé tiene mayor probabilidad de vida si nace a los siete meses que [el que nace] a los ocho? ¿Qué pasa con los peces anuales durante el desarrollo embrionario? ¿El delfín pertenece al grupo de las ballenas?

Preguntas de Aplicación (Aplicación)	Estas preguntas están pensadas para que los estudiantes transfieran los principios o teorías a situaciones concretas para su resolución.	NO SE PRESENTARON
Preguntas de Análisis (Análisis)	Exigen la solución de un problema a la luz del conocimiento de las partes, haciendo uso de dos procesos de razonamiento: deducción a inducción.	¿Cómo se diferencian los mamíferos de otros animales? ¿En qué se diferencian ranas y sapos? ¿Qué diferencia al macho de la hembra [en las tortugas]?
Preguntas de Síntesis (Síntesis)	Este tipo de preguntas invita a los alumnos a crear pensamiento originales e imaginativos.	¿Pueden ingresar al óvulo dos espermatozoides?
Preguntas de Evaluación	Esta categoría trata de que los estudiantes hagan juicios de acuerdo con unos criterios.	NO SE PRESENTARON

5. CONCLUSIONES

Este capítulo contiene las conclusiones derivadas del análisis y resultados de la identificación de las concepciones alternativas, su relación con las dificultades conceptuales y procedimentales relativas a la célula y su intervención en el aula con los docentes en formación inicial de la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental que se encontraban cursando las asignaturas Biología y Relaciones Seres Vivos y Ambiente durante los semestres 2016-1 y 2016-2, respectivamente.

El diagnóstico poblacional permitió evidenciar los siguientes aspectos:

- ✓ El interés es un factor determinante en la elección del programa académico para los docentes en formación inicial, y dicho interés se origina desde la escuela, la naturaleza, la investigación y la oportunidad laboral, las cuales se constituyen en un factores que refuerzan la actitud positiva en el grupo y por ello la actitud no se concibe como un obstáculo frente a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.
- ✓ El modelo explicativo que presentan los estudiantes frente al concepto célula es un modelo simple, con un nivel de complejidad mínimo respecto a estructura celular pero no a función, que da cuenta de la ausencia de aprendizaje de los conocimientos conceptos básicos que debería tener un joven al finalizar la educación básica.
- ✓ Como dificultades, los estudiantes no visualizan a la célula como unidad básica de estructura y función de todos los seres vivos, no logran diferenciar entre células procariotas y eucariotas, no reconocen que la célula animal y vegetal no son las únicas células eucariotas, no manejan un lenguaje apropiado para referirse a estructura y función celular, desconocen la composición celular y se ignoran sus funciones, que no dimensionen el

tamaño celular y que no se relacionen las funciones vitales con las funciones de las células.

En la intervención en el aula, resaltan los siguientes hallazgos:

- ✓ Como grupo perciben que el desarrollo de la Teoría Celular se da como una consecuencia de la búsqueda de los componentes más básicos de lo que la vida es. Esto se evidencia no en los argumentos iniciales sino durante la discusión posterior, pues al principio parecen confundir la frase “cuál es la base de la vida” con “el origen de la vida”.
- ✓ Así mismo, la población de estudio es capaz de desarrollar habilidades de tipo cognitiva que parten de la organización compleja y jerarquización del conocimiento mediante la elaboración del mapa de ideas, la discusión grupal, el resumen y el desarrollo del debate; no obstante, en términos de contextualización del conocimiento, el grupo continúa presentando dificultad frente a la comprensión de cómo y en qué momentos sociales se genera el conocimiento en la ciencia, al no mostrar correspondencia entre los hechos y la gradualidad en las líneas de tiempo.
- ✓ Las prácticas se conciben como motivadoras, ya sea por la novedad de cambiar de espacio o por observar cosas que a simple vista no pueden verse. El principal interés se generó respecto a la observación de la célula, pues para ellos, a excepción de cuatro estudiantes, observar células al microscopio era una novedad, con lo cual fue posible la identificación de estructura propia de células procariotas y eucariotas.
- ✓ Las prácticas de laboratorio se constituyen como destrezas propias del trabajo experimental que permiten el manejo de material biológico y la realización de montajes, prestando atención a la manipulación de material acorde con las normas de bioseguridad, la manipulación de los aparatos y la

realización previa de montajes. No obstante, se evidenció como una dificultad emergente la no familiaridad del microscopio frente a su uso y función.

- ✓ La estrategia que predominó en el desarrollo del seminario fue la expositiva, y en algunos casos esta estuvo combinada con la interrogación didáctica y se apoyó de material gráfico.
- ✓ La mayor parte de las preguntas realizadas durante el seminario, son preguntas para ejercitar la memoria, reforzando con ello la estrategia expositiva utilizada en la mayor parte del seminario. Así mismo, no se presentó preguntas de aplicación y evaluación, dos tipos de preguntas que evidencian un nivel de pensamiento superior.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO-DÍAS, José Antonio. TIMSS Y PISA. Dos proyectos internacionales de evaluación del aprendizaje escolar en ciencias. 2005. En: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2005. vol. 2, no. 3, p. 282-301.
- AIELLO, María. Aprendizaje en el aula universitaria. Una propuesta de innovación para intentar superar las dificultades. En: Revista Ciencias de la Educación, 2007. vol. 1, no. 30, p. 103-115.
- ALBARRACÍN, Agustín. La Teoría Celular, paradigma de la biología del siglo XIX. En: Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque Historiam Illustrandam, 1982. vol. 2, p. 241-262.
- ALLPORT, Gordon. The historical background of modern social psychology. En Lindzey, G. y Aronson, E. (Eds.): *Handbook of Social Psychology*. vol. I. Boston: Addison-Wesley, 1968.
- ÁLVAREZ-SANTOYO, Luz Marina. Representación de los estudiantes sobre la constitución celular de los seres vivos. Tesis de Maestría. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Educación, 1996. 175 p.
- ARENAS, P. y R. MONROY. La UIS en cifras 2014. Dirección de Planeación de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. 2015. [Consultado en: <http://www.uis.edu.co/planeacion/plantillas/detalleCifras.jsp?codigoPeriodo=47>, fecha de consulta 1 de noviembre de 2015].
- ARIAS, María Mercedes. La triangulación metodológica: sus principios, alcances y limitaciones. En: Investigación y Educación en Enfermería, 2000. vol. XVIII, no. 1, p. 13-26.
- ARTEAGA-QUEVEDO, Yannett Josefina y TAPIA LUZARDO, Fernando José. Núcleos problemáticos en la enseñanza de la biología. En: Investigación arbitrada, 2009. vol. 12, no. 46, p. 719-724.

BAILIN, Sharon; CASE, Roland, COOMBS, Jerrold y DANIELS, Leroi. Conceptualizing critical thinking. En: Journal of Curriculum Studies, 1999. vol. 31, no. 3, p. 285-302.

BOISVERT, Jacques. La Formación del Pensamiento Crítico. Teoría y Práctica. Traducción de Ricardo Rubio. Primera Edición. México. Fondo de Cultura Económica, 2004. 211 p.

BOTTAA, P., A. SCIARAA, S. ARRANZA, L.D.S. MURGASB, G.J.M. PEREIRAB, y G. OBERLENDERB. Estado del desarrollo embrionario del sábalo (*Prochylodus lineatus*). En: Arch. Med. Vet. vol. 42, p. 109-114

BUITRAGO, María Alejandra. Enseñanza-aprendizaje del concepto de célula en estudiantes de básica secundaria. Tesis de Maestría. Manizales: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, 2014. 143 p.

CABALLER, Ma. Jesús y GIMÉNEZ, Inés. Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. En: Enseñanza de las Ciencias, 1993. vol. 11, no. 1, p. 63-68.

CAMPOS-ARENAS, Agustín. Mapas Conceptuales, Mapas Mentales y Otras Formas de Representación del Conocimiento. Colección Aula Abierta. Cooperativa Editorial Magisterio. Bogotá, 2015. 266 p.

CARRASCOSA, Jaime. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas. En: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2005a. vol. 2, no. 3, p. 388-402.

_____. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. En: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2005b. vol. 2, no. 2, p. 183-208.

_____ y GIL, Daniel. Concepciones alternativas y sus implicaciones didácticas: una contribución fundamental a la renovación de la enseñanza de las ciencias. p. 123-158. En: Didáctica de las Ciencias: Nuevas Perspectivas. Editorial Pueblo y

Educación, Ciudad de La Habana, 2004. 641 p. [Disponible en: <http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/images/didaticasdelasciencias2004.pdf>].

CARRILLO, Laura; MORALES, Cristina, PEZOA, Vania y CAMACHO, Johanna. La historia de la ciencia en la enseñanza de la célula. En: Tecné, Epistemisy Didaxis, 2011. vol. 29, p. 112-127.

CENTRO UNIVERSITARIO DE DESARROLLO INTELECTUAL – CUDI. Catálogo de Rúbricas para la Evaluación del Aprendizaje. http://evirtual.uaslp.mx/FCQ/estrategias/Material%20de%20Apoyo/cat_rubrica.pdf#search=cat%C3%A1logo%20de%20rubricas

COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Resolución No. 5775. (21 de abril de 2014). Por medio de la cual se renueva la acreditación institucional de alta calidad a la Universidad Industrial de Santander en la ciudad de Bucaramanga – Santander. [Consultado en: http://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/rectoria/acreditacionInstitucional/Resolucion_5775_2014_RenovacionAcreditacionInstitucional.pdf, fecha de consulta 25 de octubre de 2015].

_____. Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden. Colombia, 2006. 184 p. [Disponible en: http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf].

CONTRERAS-RODRÍGUEZ, Julio, MARTÍNEZ-SAINZ, Pilar, SANTOS-RODRÍGUEZ, Inmaculada y ROJO-SALVADOR, Concepción. El embrión de pollo como modelo de experimentación: ven y descubre la embriología. XIV Semana de la Ciencia en Madrid. Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Anatomía y Anatomía Patológica Comparadas, Facultad de Veterinaria, 2014. 18 p. [Disponible en: <http://www.lcsanpablo.es/mangel/pollo.pdf>].

CORDÓN-ARANDA, Rafael. Enseñanza y aprendizaje de conocimientos científicos (contenidos procedimentales) en la educación secundaria obligatoria: análisis de la situación, dificultades y perspectivas. Tesis de Doctorado. España: Universidad de Murcia. Departamento de Didáctica de las Ciencias Naturales, 389 p.

D'ANGELO, Edward. The Teaching of Critical Thinking. B.R. Gruner N.V. Amsterdam: 1971.

DAZA, Silvio Fernando; QUINTANILLA, Mario y ARRIETA, José Rafael. La cultura de la ciencia: contribuciones para desarrollar competencias de pensamiento científico en un encuentro con la diversidad. En: Revista Científica, 2011. vol. 14, p. 97-111.

DELORS, Jacques (comp.). La Educación Encierra un Tesoro. Compendio. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI. Madrid. Ediciones UNESCO, 1996. [Consultado en: http://ceups.educacion.unmsm.edu.pe/proyeccion_archivos/educacion-encierra-un-tesoro.pdf, fecha de consulta 5 de abril de 2015].

_____. Hacia la educación para todos a lo largo de toda la vida. En: J. Bindé (comp.) ¿Hacia Dónde se Dirigen los Valores? Coloquios del siglo XXI. México. Fondo de Cultura Económica, primera reimpresión, 2010. p. 221-227.

DÍAZ-BARRIGA, Frida. Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. En: Revista Electrónica de Investigación Educativa, 2003. vol. 5, no. 2, p. 1-13. [Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1607-40412003000200011&script=sci_arttext].

DIKMENLI, Musa. Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. En: Scientific Research and Essays, 2010. vol. 5, no. 2, p. 235-247.

ESTEVEZ-NENNINGER, Etty Haydeé. Enseñar y Aprender: Estrategias Cognitivas. Paidós. México, 2003. 232 p.

FERNÁNDEZ, Lissette. ¿Cómo analizar datos cualitativos? Barcelona. Butlletí LaRecerca Fichas 7, 2006. 13 p.

FLORES, Fernando; TOVAR, María Eugenia y GALLEGOS, Leticia. Representation of the cell and its processes in high school students: An integrated view. En: International Journal of Science Education, 2013. vol. 25, no. 2, p. 269-286.

FRANCO-SERRANO, José Manuel. Leadership Skills and Teaching: An Invitation to Go Further. En: HOW, 2006. vol. 13, p. 65-76.

FRADE, Laura. Planeación por Competencias. Segunda Edición. México. Inteligencia Educativa, 2009. 80 p.

GAGLIARDI, R. y GIORDAN, A. La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. En: Enseñanza de las Ciencias, 1986. vol. 4, no. 3, p. 253-258.

GALAGOVSKY, Lydia, y ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico y analógico. En: Enseñanza de las Ciencias, 2001. vol. 19, no. 2, p. 231-242.

GOETZ, Judith Preissle. y LECOMPTE, Margaret Diane. Etnografía y Diseño Cualitativo en Investigación Educativa. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 1988. 280 p.

GONZÁLEZ-RECIO, José Luis. Elementos dinámicos de la Teoría Celular. En: Revista de Filosofía, 1990. vol. 2, no. 4, p. 83-109.

GRUNDY, Shirley. Producto o Praxis del Curriculum. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 1998. 281 p.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. Quinta edición. México. McGraw-Hill, 2010.

HERNÁNDEZ, Carlos Augusto. ¿Qué son las competencias científicas? Foro Educativo Nacional sobre Competencias Científicas, 11-13 de octubre de 2005. Bogotá. [Disponible en:

http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-128237_archivo.pdf, fecha de consulta 22 de noviembre de 2015].

HERNÁNDEZ, Verónica, GÓMEZ, E., MALTES, L., QUINTANA, M., MUÑOZ, F., TOLEDO, H., RIQUELME, V., HENRÍQUEZ, B., ZELADA, S. y PÉREZ, E. La actitud hacia la enseñanza y aprendizaje de la ciencia en alumnos de Enseñanza Básica y Media de la Provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos-Chile. En: Estudios Pedagógicos, 2011. vol. XXXVII, no. 1, p. 71-83.

INSTITUTO COLOMBIANO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EDUCACIÓN ICFES. Examen de Estado de la Educación Media. Resultados del Periodo 2005-2010. 2011. Bogotá. [Consultado en: <http://www2.icfes.gov.co/resultados/saber-11-resultados?id=39>, fecha de consulta 5 de abril de 2015].

_____. SABER 11. Resultados Nacionales 2011-2014. 2016. Bogotá. [Consultado en: <http://www.icfes.gov.co/docman/investigadores-y-estudiantes-de-posgrado/informes-de-resultados-evaluaciones-nacionales/informes-de-resultados-saber-11/2073-resultados-nacionales-saber-11-2011-2014/file?force-download=1>, fecha de consulta 14 de abril de 2017].

_____. INFORME NACIONAL. Resultados Nacionales 2014-2 – 2016-2 Saber 11. 2017. Bogotá [Consultado en: <http://www.icfes.gov.co/docman/instituciones-educativas-y-secretarias/saber-11/estudios-que-soportan-las-novedades/2931-informe-nacional-de-resultados-saber-11-2014-2016/file?force-download=1>, fecha de consulta 14 de abril de 2017].

_____. Colombia en PISA 2015. Informe Nacional de Resultados, Resumen Ejecutivo. 2016. Bogotá. [Consultado en: <http://www.icfes.gov.co/docman/institucional/home/2785-informe-resumen-ejecutivo-colombia-en-pisa-2015>, fecha de consulta 14 de abril de 2017].

JORBA, Jaume y SANMARTÍ, Neus. Enseñar, Aprender y Evaluar: Un proceso de Regulación Continua. Propuestas Didácticas para las áreas de Ciencias Naturales y Matemáticas. Ministerio de Educación y Cultura, 1996. 319 p.

LEWIS, Jenny y WOOD-ROBINSON, Colin. Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relations? En: International Journal of Education, 2010. vol. 22, no. 2, p. 177-195.

MAZZARELLO, Paolo. La historia de la Teoría Celular, un concepto unificador. En: Elementos, 2000. vol. 38, p. 3-7.

MCKERNAN, James. Investigación-acción y Curriculum. Métodos y Recursos para Profesionales Reflexivos. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 1999. 311 p.

MENGASCINI, Adriana. Propuesta didáctica y dificultades para el aprendizaje de la organización celular. En: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2006. vol. 3, no. 3, p. 485-495.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizaje Significativo: Un Concepto Subyacente. En Moreira, M.A., Caballero, M.C. y Rodríguez, M.L. (orgs.). *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*. Burgos, España. 1997. p 19-44. Traducción de Rodríguez-Palmero. [Consultado en: <http://www.if.ufrgs.br/~Moreira/apsigsubesp.pdf> , fecha de consulta 22 de junio de 2015].

MORENO, Francisco Morón. La importancia de hacer buenas preguntas a nuestros alumnos de la ESO. En: Revista Arista Digital (en línea), 2015. vol. 54, p. 1-12. [Disponible en: http://www.afapna.es/web/aristadigital/archivos_revista/2015_marzo_5.pdf].

NARVÁEZ, José. La línea de tiempo como estrategia didáctica para la enseñanza de la historia en primaria. En: Publicaciones Didácticas (en línea), 2013. vol. 41, p. 29-33. [Disponible en: <http://publicacionesdidacticas.com/hemeroteca/articulo/041014/articulo-pdf>].

NEWMAN, Dina; CATAVERO, Christina y WRIGHT, Kate. Students fail to transfer knowledge of chromosome structure to topics pertaining to cell division. En: CBE-Life Sciences Education, 2012. vol. 11, no. 4, p. 425-436.

NOVAK, Joseph. Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador. En: Enseñanza de la Ciencias, 1991. vol. 9, No. 3, p. 215-228.

NÚÑEZ, Diana. Estrategia metodológica para el aprendizaje significativo de los procesos de división celular de los estudiantes del curso de Biología General de la Facultad de Ciencias. Tesis de Maestría. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, 2013. 105 p.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS OCDE. Informe PISA 2006. Competencias Científicas para el Mundo del Mañana. Santillana, 2008, 397 p. [Disponible en: http://www.educacion.navarra.es/documents/27590/27758/PISA2006_Informe_internacional_CAST.pdf/4b2aa134-5a04-419b-8808-e1b427e2a8a4, fecha de consulta 22 de noviembre de 2015].

OSBORNE, Roger y FREYBERG, Peter. El Aprendizaje de las Ciencias: Influencia de las “Ideas Previas” de los Alumnos. Tercera Edición. Madrid. Narcea S.A. de Ediciones, 1998. 304 p.

OZCAN, Taner; YILDIRIM, Osman y OZGUR, Sami. Determining of the university freshmen students’ misconceptions and alternative conceptions about Mitosis and Meiosis. En: Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2012. vol. 46, p. 3677–3680.

PALLARES-GARCÍA, María del Pilar. Valoración no invasiva de la gestación y la embriogénesis en ratón mediante técnicas de imagen ultrasonográfica. Tesis de Doctorado. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Veterinaria, 2009. p. 35-60.

PAUL, Richard y ELDER, Linda. La Mini-guía para el Pensamiento Crítico. Conceptos y Herramientas. Fundación para el Pensamiento Crítico, 2003. 26 p. [Consultado en:

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/551055/UNIDAD_TRES/mini_guia_del_pensamiento_critico.pdf, fecha de consulta 22 de noviembre de 2015].

PEREIRO-GONZALEZ, Luisa. Análisis morfogénico de la gastrulación en peces teleosteos anuales del género *Austrolebias*. Tesis de Doctorado. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Medicina, Escuela de Postgrado. 2008. p. 12-41.

PINTO, Roser; ALIBERAS, Joan y GÓMEZ, Carrillo. Tres Enfoques sobre la investigación en concepciones alternativas. En: Enseñanza de las Ciencias, 1996. vol. 14, no. 2, p. 221-232.

POSTIC, Marcel y DE KETELE, Jean-Marie. Observar las Situaciones Educativas. Tercera Edición. Madrid. Narcea S.A. de Ediciones, 2000. 261 p.

POZO, José Ignacio. y GÓMEZ-CRESPO, Miguel Ángel. Aprender y Enseñar Ciencia. Quinta Edición. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 2006, 332 p.

PRO, Antonio. ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en clases de ciencias? En: Enseñanza de las Ciencias, 1998. vol. 16, no. 1, p. 21-41.

QUINTANILLA, Mario. ¿Qué cambia en la enseñanza y en los nuevos modelos de conocimiento? Foro Educativo Nacional sobre Competencias Científicas, 11-13 de octubre de 2005. Bogotá. [Disponible en: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-128237_archivo.pdf, fecha de consulta 22 de noviembre de 2015].

QUINTERO-GAVILÁN, Andrés Fernando. Descripción del desarrollo embrionario en condiciones de cautiverio de la tortuga hicoitea *Trachemys callirostris callirostris* (Testudinata: Emydidae) en el Parque Recreativo y Zoológico Piscilago (Girardot, Colombia). Tesis de Pregrado. Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera Biología, 2010. 63 p.

RAJADELL, Núria. Estrategias didácticas para el desarrollo de procedimientos. En: Revista Española de Pedagogía, 2000. vol. 217, p. 573-592.

_____. Los procesos formativos en el aula. Estrategias de enseñanza y aprendizaje. En: Sepúlveda, F. y N. Rajadell (coords.). Didáctica General para Psicopedagogos. Madrid. Editores de la UNED, 2001. p. 465-525.

RIVERA, Diego Alexander. Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto célula a partir de su historia y epistemología. Tesis de Maestría. Santiago de Cali: Universidad del Valle. Instituto de Educación y Pedagogía, Área de Educación en Ciencias y Tecnología, 2011. 167 p.

RODRÍGUEZ-PALMERO, María Luz. Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. En: Investigações em Ensino de Ciências, 2000. vol. 5, no. 3, p. 237-263.

_____. La Teoría del Aprendizaje Significativo en la Perspectiva de la Psicología Cognitiva. Barcelona. Editorial Octaedro, 2008. 223 p.

_____ y MOREIRA, Marco Antonio. Modelos mentales vs esquemas de célula. En: Investigações em Ensino de Ciências, 2002. vol. 7, no. 1, p. 77-103.

ROMÁN, José María. Entrenamiento en estrategias de aprendizaje: secuencias, principios y validación. En: C. MONEREO (coord.). Las Estrategias de Aprendizaje. Barcelona: Domènec, 1993. p. 169-191.

SANDERS, Norris. Classroom Questions: what kinds? Harper and Row. New York, 1966.

SANDOVAL-CASILIMAS, Carlos. Investigación Cualitativa. Módulo 4. 331 p. En: Briones *et al.* Especialización en Teoría, Métodos y Técnicas de Investigación Social. Bogotá. ICFES. 1996.

SANTOFIMIO, Liliana. Diseño de una estrategia de enseñanza para el aprendizaje significativo de la estructura y función de la membrana celular para estudiantes de educación básica secundaria. Tesis de Maestría. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias, 2014. 124 p.

SARRIA-RENDÓN, Fabián Andrés. Tabla del desarrollo embrionario de la rana sabanera *Dendropsophus labialis*: Hylidae en cautiverio (Laboratorio de Biología de Desarrollo PUJ). Tesis de Pregrado. Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera Biología, 2010. 55 p.

SOLBES, Jordi. Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (I): Resumen del camino avanzado. En: Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2009. vol. 6, no. 1, p. 2-20.

_____; MONTSERRAT, Rosa y FURIÓ, Carles. El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. En: Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, 2007. vol. 21, p. 91-117.

STENHOUSE, Lawrence. La Investigación Como Base de Enseñanza. Segunda Edición. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 1993. 183 p.

STRAUSS, Anselm y CORBIN, Julieth. Bases de la Investigación Cualitativa. Técnicas y Procedimientos para Desarrollar la Teoría Fundamentada. Primera Edición en español. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia, 2002.

STRGAR, Jelka. Development of the concept of cell division through biology education. En: Acta Biologica Slovenica, 2013. vol. 56, no. 1, p. 66-74.

TOBALDINI, Bárbara; VIEIRA DE CASTRO, Luciana, APARECIDA DELLA JUSTINA, Lourdes y APARECIDA MEGLHIORATTI, Fernanda. Aspectos sobre a natureza da ciência apresentados por alunos e professores de licenciatura em ciências biológicas. En: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2011. vol. 10, no. 3, p. 457-480.

TOBÓN, Sergio; PIMIENTA, Julio y GARCÍA, Juan. Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias. México. Pearson Educación, 2010. 216 p.

TÓJAR, Juan Carlos. 2006. Investigación Cualitativa: Comprender y Actuar. Madrid, Editorial Muralla, S.A., 2006. 392 p.

TORRES, Jurjo. Globalización e Interdisciplinariedad: el Curriculum Integrado. Quinta Edición. Madrid. Ediciones Morata, S.L., 2006. 278 p.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION UNESCO. Comparación de Resultados del Segundo y Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo. SERCE Y TERCE 2006-2013. Santiago de Chile. 2014. [Consultado en: <http://www.unesco.org/new/es/santiago/terce-study/first-release-of-terce-results/>, fecha de consulta 5 de abril de 2015].

VALBUENA USSA, Edgar. El conocimiento didáctico del contenido biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). Tesis de Doctorado. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Educación. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, 2007. 633 p.

VIDAL-ABARCA, Eduardo y GILBERT, Ramiro. Mapas de ideas: una herramienta para el aprendizaje escolar. Datos y comentarios para una discusión. En: Comunicación, Lenguaje y Educación, 1994. vol. 21, p. 75-86.

VILLADA-SALAZAR, Claudia. Estrategias de aula para alcanzar aprendizajes significativos y desarrollar habilidades de pensamiento científico en relación con la meiosis. Tesis de maestría. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2011. 119 p.

WALSH, Debbie y PAUL, Richard. The Goal of Critical Thinking: from Educational Ideal to Educational Reality. American Federation of Teachers, Washington, D.C., 1986, 68 p.

WRIGHT, Kate; FISK, Nick y NEWMAN, Dina. DNA → RNA: What do students think the arrow means? En: CBE-Life Sciences Education, 2014. vol. 13, no. 2, p. 338-348.

ZABALA, Antoni. La Práctica Educativa. Cómo Enseñar. Decimoprimer Edición. México. GRAÓ, 2006. 233 p.

ZAMANILLO-PERAL, Teresa. Teoría y Práctica del Aprendizaje por Interacción en Grupos Pequeños. Tesis de Doctorado. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2002. [Consultado en <http://biblioteca.ucm.es/tesis/cps/ucm-t25724.pdf>, fecha de consulta 8 de abril de 2015].

ANEXOS

Anexo A. Consentimiento informado presentado a los estudiantes para su respectiva firma en constancia de aceptación de su participación en la investigación.

ASENTIMIENTO INFORMADO DE LOS ESTUDIANTES

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, dirigida por YAMILE GRANADOS PÉREZ.

He sido informado (a) de que el objetivo principal de este estudio es “INTERVENIR LAS DIFICULTADES CONCEPTUALES Y PROCEDIMENTALES EN DOCENTES DE FORMACIÓN INICIAL DE LA LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL RESPECTO AL CONCEPTO CÉLULA, DESDE SU ORGANIZACIÓN Y FUNCIONAMIENTO”.

Me han indicado también que tendré que responder un cuestionario con algunas preguntas (diagnóstico para estudiantes), lo cual no tomará muchos minutos de mi tiempo.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo realizar contacto con quien lo dirige al correo: ygranadosp@gmail.com

Firma del Participante

Fecha

Anexo B. Cuestionario aplicado a docentes de formación inicial para indagar acerca de sus concepciones alternativas respecto a la célula.

 Universidad Industrial de Santander		Universidad Industrial de Santander Facultad de Ciencias – Escuela de Educación LEB- Ciencias Naturales y Educación Ambiental Asignatura: Biología – 25346 Profesora Yamile Granados Pérez PRUEBA DIAGNÓSTICA
CUESTIONARIO		
Fecha: _____		
El siguiente cuestionario tiene el propósito investigativo de <i>indagar acerca de las ideas que los estudiantes de V semestre, docentes en formación inicial, tienen frente al funcionamiento y estructura celular</i>. Por lo tanto, la información que suministre no repercutirá en su proceso evaluativo en el semestre, pero si será de gran ayuda para permitirme evaluar sus necesidades y fortalezas de aprendizaje respecto al concepto célula y poder atenderlas durante el desarrollo del curso. Por ello, en cada caso sea lo más honesto posible y lea cuidadosamente el enunciado antes de dar su respuesta en el espacio en blanco después de cada pregunta. Cabe aclarar que el análisis de sus respuestas garantizará el anonimato. <i>¡Muchas gracias por tomarse el tiempo para responder!</i>		
Información Socio-demográfica		
1. Por favor indique con una “X” o complete la información solicitada:		
Edad: _____		
Sexo: _____ Hombre _____ Mujer		
Lugar de origen: _____		
Institución en la que realizó su ciclo básico: _____		
2. ¿Por qué decidió escoger el programa de “Licenciatura en Educación básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental” y no otro?		

Información Conceptual: ¿Qué sé y qué entiendo de estructura y función celular?

1. ¿Qué concepto de célula conoce?
2. ¿Cuáles son los componentes de la célula?
3. ¿Los componentes celulares son los mismos para todos los seres vivos (por ejemplo, una bacteria, una mariposa, un caballo)? Justifique su respuesta.
4. Si conoce las funciones de los componentes celulares menciónelas.
5. ¿Podría identificar relaciones entre las funciones de los componentes celulares? Justifique su respuesta mediante la descripción de dichas relaciones.

Fuente. Elaboración propia.

Anexo C. Protocolo de debate acerca de la Teoría Celular. En cumplimiento de las condiciones iniciales relacionadas con el anonimato, todos los nombres de los participantes fueron reemplazados por el código “EST” y un número consecutivo, el cual guarda concordancia con la base de datos que la docente investigadora resguarda. A excepción del cambio de los nombres, el protocolo no sufrió ninguna otra modificación.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
LEB CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES
V SEMESTRE
BIOLOGÍA**

DEBATE: TEORÍA CELULAR

FECHA: 5 septiembre de 2016

LUGAR: Salón 301, Facultad de Ciencias Humanas

MODERADOR: Mg. Yamile Granados Pérez

SECRETARIAS: EST1 y EST2

PARTICIPANTES:

Estudiantes de V semestre de Licenciatura En Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales.

ORIENTACIONES GENERALES:

- Las posturas a ser debatidas son: el planteamiento de la teoría celular se produjo por los avances tecnológicos y la teoría celular se dio por la curiosidad y el movimiento científico de la época.
- Designación de las ideas generales de acuerdo a cada una de las posturas
- Construcción de argumentos justificados en teoría e información recolectada y líneas de tiempo que fueron elaboradas con anterioridad.
- Objetividad y respeto a quien tiene la palabra
- Cumplimiento del tiempo asignado por moderador:
Tiempo para concretar las ideas principales de 9 minutos para en cada uno de los grupos, reorganización de argumentos y una síntesis de la postura.

- Empieza el grupo de la postura número 1 y se otorga un tiempo de 3 minutos para exponer las ideas por parte de cada uno de los grupos sin interrupciones.
- Después se da inicio a los contraargumentos a favor o en contra alternadamente de cada una de las posturas mediante opiniones individuales que sean sustentadas en un tiempo de 3 minutos.
- Durante el debate se pueden plantear preguntas al grupo contrario y éste a su vez responde en un tiempo de 3 minutos.
- Al Finalizar se presenta la concertación de conclusiones en un acuerdo común según la temática.

DESARROLLO:

Inició el grupo 1 con la postura de la teoría celular, la cual se dio por los avances tecnológicos; la estudiante **EST3** presentó las ideas principales, el pensamiento científico de la época, la invención del microscopio y la implementación de técnicas de tinción y colorantes. A continuación la estudiante **EST4** manifestó los argumentos de acuerdo a las ideas principales: en primer lugar el pensamiento científico permitió relacionar de una forma más concreta los fenómenos naturales con la materia al igual que se fueron desarrollando e inventado los diferentes mecanismos e instrumentos ya sea mediante experimentos o la utilización del microscopio, al igual que las diferentes técnicas histológicas, tintes y colorantes para ver los finos detalles de las muestras, en este caso la célula; luego la estudiante **EST5** expuso que, para su inicio, todo se limitaba a lo que se podía ver hasta que se llegó a designar la células como componente de vida. Finalmente, el estudiante **EST6** concreta que la invención del microscopio permitió observar lo que era desconocido para el hombre y, al igual que, posteriormente otros científicos también diseñarían sus propios instrumentos; esto manifiesta la unión de los instrumentos y la construcción de la teoría celular

Para el segundo grupo con la postura de la teoría celular, que se dio por la curiosidad y el movimiento científico de la época, la estudiante **EST7** se refirió a la curiosidad del hombre para conocer el mundo mediante los sentidos, así mismo es la época que se orientó a descubrir el origen de la vida y designar características vitales que permiten la vida; en este caso, Hooke manifiesta el deseo de indagar, investigar y observar, direccionando así el estudio de la célula.

Se da inicio a los argumentos en contra o a favor de cada una de las posturas, comienza el grupo 1 con la estudiante **EST8** quien manifiesta que las posturas del hombre de indagar a lo cual se refería la anterior estudiante y de preguntarse y hacer investigaciones, dependió en cierta medida de la fabricación del microscopio, instrumento que permitió la identificación de estructuras y el nuevo replanteamiento de preguntas y posibles respuestas; con estos nuevos interrogantes y los análisis y deducciones se pudieron observar las formas de vida, que hoy se conocen como células.

A continuación la moderadora concede la palabra a la estudiante **EST9** del grupo contrario para que confronte los argumentos propuestos, por consiguiente ella hace referencia a que los aportes de los diferentes biólogos y pensadores, no solo en el campo de la microscopia sino también en la parte de investigación y de experimentación, como Pasteur, en la observación de los gusanos en la carne, que refutaron la teoría de la generación espontánea, esta se fundamentaba en la curiosidad y la influencia de los diferentes métodos de la época, los cuales hicieron que estos aportes dieran significado a la vida; así mismo, la estudiante **EST10** manifiesta que la curiosidad no se puede separar de los diferentes descubrimientos que ha hecho el hombre y que, de ésta, dependió mucho de lo que hoy se considera como hecho; a su vez, del equipo contrario, la estudiante **EST11** habló de los fenómenos físicos y la relación con la materia, aspecto que fue posible gracias a la utilización de los instrumentos y técnicas, idea que también sostuvo la estudiante **EST12** cuando se refirió a la tecnología, como respuesta a suplir las necesidades

del hombre tanto de conocer como de construir nuevos instrumentos y, en este caso, se habla de que la materia tenía que ser observada para responder a la necesidad de entender la vida. Por otra parte, la estudiante **EST3** tiene la palabra para complementar y se refiere al pensamiento en cuanto a dejar de lado lo del cristianismo y pasar a una etapa de descubrir y comprobar la relación de la materia y la vida, y como ésta no solo dependía de la fuerza vital, sino que podía llegar a ser una estructura más pequeña, lo cual fue posible gracias al microscopio y la manipulación de tintes y coloraciones. Por su parte, el estudiante **EST13** se refiere a Hooke, y comenta que él fue quien diseñó su propio microscopio y observa diferentes insectos, semillas y otras formas de vida hasta llegar a observar una lamilla delgada de corcho, que estaba constituida por pequeñas celdas a las cuales designa células.

Contrario a esto manifestó, la estudiante **EST1** expresa la curiosidad de los científicos Schleiden y Schwann cuando recopilaron los aportes de los diferentes científicos y propusieron un postulado que justifica la célula como estructura, por tanto no estaba dado a solo instrumentos y avances tecnológicos sino también de los pensamientos e investigaciones de otros científicos; este argumento fue discutido por la estudiante **EST14** quien se refiere a que la necesidad de ver más allá y de que la información que había sido planteada debía estar a prueba por tanto no era suficiente la visión, se hacía necesario el empleo de esos instrumentos y mecanismos que corroboraran lo dicho; este aporte es complementado por la estudiante **EST15** cuando hace mención de la construcción de nuevos instrumentos y la perfección de los mismos.

En cuanto a lo dicho la estudiante del grupo contrario, **EST7**, habla de que los instrumentos no se hicieron así porque sí, sino que fue necesario la curiosidad por conocer y la implementación de diferentes técnicas y materiales hasta llegar a esa construcción de un instrumento, por consiguiente no solo por el hecho de que los instrumentos estén disponibles se llega a justificar que estos fueron creados por la

curiosidad y la investigación, por tanto es posible complementarse y mucho más relacionarlos en la comprensión de la estructura de la vida. Una vez más la estudiante **EST5** defiende la postura de que no solo los instrumentos, sino que también esos experimentos desarrollados, son también sinónimo de tecnología y de invención creativa de los hombres, lo cual le permiten comprender la vida, destacando el hecho de que tanto los instrumentos como las técnicas se perfeccionan y aplican con el fin de profundizar los mecanismos y métodos de investigación y consolidación del conocimiento.

Con base en esto, la moderadora plantea la pregunta ¿En qué momento histórico aparece el microscopio? Para la cual el estudiante **EST16** responde que a la relación que tendría la revolución industrial con la fabricación del microscopio, por tanto, no solo se relaciona el contexto en el cual aparece, pues en esa época se estaba implementado estos instrumentos y las posibles influencias que estos podrían presentar en la comprensión de las teorías científicas.

Seguidamente, la estudiante **EST2**, hace un aporte para complementar lo que el compañero del grupo, **EST16**, se refiere, referente a la aparición del microscopio, que tuvo sus antecedentes en la antigua época grecorromana cuando utilizaban los lentes curvos y las esferas de agua para aumentar el tamaño de las heridas y los tejidos, hasta que en 1590 Zacharias Jansen diseña un instrumento que consta de un tubo y a cada extremo le agrega un lente, que fue designado como microscopio; para 1609 Galileo fabrica el telescopio, instrumentos que tuvieron usos completamente opuestos, pero justificaban la implementación de los lentes. Estos instrumentos, a su vez, se fueron modificando, como se dijo en el caso de Hooke, ya nombrado por otros compañeros, cuyo microscopio constaba de dos lentes; luego Leeuwenhoek diseñó uno más simple y pequeño que le permitía utilizar lentes con diferentes aumentos, elaborados con una técnica mejorada de pulido y estructura de la base del lente, lo que le permitió hacer observaciones detalladas de las diversas formas y estructuras de los organismos.

Por otra parte la estudiante **EST17** habla de las investigaciones y de los experimentos relacionados con la teoría de la generación espontánea, de cómo éstas se emplearon con la ayuda de los avances tecnológicos, y, con el aporte del estudiante **EST6**, quien afirma que se empieza a pensar la importancia de esta unión de la investigación y la tecnología; por su parte, la estudiante **EST18** complementa diciendo que la necesidad de la curiosidad por averiguar y explicar los hechos, las teorías, posibilita el planteamiento de preguntas como los por qué y los para qué de los instrumentos, sobre cómo podrían ser empleados en la formación o formulación de las diferentes posturas a las que muchos otros científicos llegaron; a este argumento responde la estudiante de grupo contrario, **EST19**, diciendo que para resaltar la importancia de la tecnología en los diferentes estudios relacionados con la materia, por tanto, facilita la aprobación y el establecimiento de las teorías y de las ideas propuestas.

Retomando el tema de la investigación en la teoría celular por parte del grupo 2, la estudiante **EST1** proclama la relación de la cual se habla cuando se dejó el vitalismo y creencia de tipo religioso espiritual en el origen de la vida y se empezó a validar la influencia del pensamiento positivista del tiempo, lo cual estimuló las capacidades y propuso unos pasos que hicieran posible la comprensión de las estructuras minúsculas que establecen conexiones que evidencia la vida; esta idea la complementa la estudiante **EST7** cuando se refiere a que la curiosidad nace con el individuo y éste la manifiesta cuando tiene deseos de saber y preguntar los porqués de las cosas, las razones de por qué suceden esas situaciones; el estudiante **EST6**, del grupo contrario, comenta que esa curiosidad está limitada, a menos de que sea complementada con los instrumentos. La moderadora aprovecha estas opiniones para plantear la pregunta: Si la curiosidad esta desde el nacimiento ¿Por qué no hay más científicos?

La estudiante **EST10** da respuesta a esta pregunta diciendo que en la medida que la curiosidad, aunque está desde el nacimiento; sin embargo, sufre cambios durante el proceso de crecimiento de la persona o del investigador de acuerdo con la influencia de medio ambiente, el cual favorece o limita la curiosidad, ya sea perfeccionándola cuando la lleva a la práctica mediante procesos más sistemáticos y concretos que se relacionen con el interrogante.

La estudiante **EST12** afirma que cada célula del cuerpo tiene una dosis de curiosidad, además de que es a través de ambientes propicios y la manipulación de los instrumentos que se hace posible llegar a ser científico; la estudiante **EST20**, quien menciona un fragmento del científico Hooke cuando se refiere a que el fracaso de la teoría es importante para el aprendizaje, para resaltar la importancia de toda actividad dirigida a la adquisición de un conocimiento no está excluida de ser comprobada por otros científicos o de llegar a errores que generen nuevos interrogantes y más procesos de investigación para obtener los datos más científicos posibles.

Se le da la palabra a la estudiante **EST21**, ella manifiesta la importancia de la curiosidad y de la tecnología en el desarrollo y construcción de conocimiento, pero también alude a la validez de los procesos que se desarrollan en el aula, en la medida que, como maestros, es imperante crear condiciones adecuadas para constituir ambientes escolares que contribuyan a motivar y fortalecer el pensamiento científico y, por supuesto, que se genere un pensamiento crítico que permita discernir entre las distintas posibilidades de información y elegir la mejor de acuerdo con la situación específica.

Para continuar, la profesora Yamile Granados, hace una síntesis de lo expuesto durante el debate y, como estos procesos que se dieron a lo largo del tiempo, se presentaron por personas cotidianas, por lo tanto, no hay que pensar en el científico como la persona alejada de la realidad. Además, que, se evidencia que la teoría

celular fue el punto de partida para el desarrollo de otros conceptos, por tanto, es importante no solo hacer uso de los instrumentos, sino que hay que darle la importancia a los procesos de pensamiento en la formación de los futuros estudiantes; la estudiante **EST4** hace un aporte diciendo que hay que complementar la curiosidad con la creación y el diseño de instrumentos.

Por último, la profesora concluye que además de las teorías existentes y los experimentos realizados hasta el momento, y además de los instrumentos, las técnicas y los materiales, es importante que se evidencie la disposición de aprender, el interés y la motivación. De ahí que la capacidad del maestro de explicar con términos académicos los interrogantes que surgen en las aulas de clase, para que, de tal modo, los estudiantes interioricen los conceptos empleados

Anexo D. Guías de laboratorio para el estudio de la estructura y función de la célula.



Facultad de Ciencias Humanas – Escuela de Educación

LEB- Énfasis Ciencias Naturales y Educación Ambiental

Laboratorio de Biología – 25339

Docente: Yamile Granados Pérez

Diseño de la guía de Laboratorio: Mauricio Torres Mejía

1. LA CÉLULA

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la teoría celular establece que la célula es la unidad estructural y funcional de los seres vivos y la necesidad biológica de su origen a partir de células preexistentes. Se ha considerado que las primeras células estuvieron formadas por membrana celular, citoplasma y material hereditario (ADN). Este último está suspendido en el citoplasma y carece de membrana; este tipo de organización celular se denomina procariota. A través de la evolución en estas células se generaron cambios que originaron células con estructuras internas especializadas, sistemas de membrana y un núcleo donde se almacena la información genética; a este tipo de organización se le denomina eucariota.

OBJETIVOS

Objetivo general

- ✓ Reconocer las diferencias entre la célula procariota y la eucariota, y entre la célula eucariota animal y la eucariota vegetal.

Objetivos específicos

- ✓ Preparar placas temporales de células vegetales y animales.
- ✓ Examinar algunos componentes estructurales de diversos tipos de células.
- ✓ Establecer las diferencias y semejanzas entre los tipos de célula eucariota.
- ✓ Identificar algunos organelos celulares característicos.
- ✓ Comparar la diversidad celular en cuanto a tamaño y forma

MATERIALES

Materiales provistos por el estudiante:

- ✓ Guantes
- ✓ Láminas porta objetos
- ✓ Laminillas / láminas cubre-objetos
- ✓ Pinzas de disección
- ✓ Cuchillas de afeitar (hojillas)
- ✓ Cebolla
- ✓ Agua de charco
- ✓ Hojas de *Elodea*
- ✓ Hojas de *Tradescantia*

Materiales provistos por el docente:

- ✓ Lugol
- ✓ Soluciones de sacarosa a 0,1M y 1M
- ✓ Agua destilada
- ✓ Láminas preparadas de sangre humana, bacterias y tejidos de vertebrados

PROCEDIMIENTO

Describa cada observación con dibujos suficientemente etiquetados y comentados.

Procariotas

Los procariotas comprenden dos de los dominios evolutivos: Bacteria y Archaea, diferenciados fundamentalmente por su historia evolutiva. Sus diferentes especies comparten una estructura celular de tipo procariota. La célula procariota es una entidad independiente caracterizada por ser de menor tamaño que las eucariotas. Presenta tamaños desde 0,1-0,2 μ de ancho hasta más de 50 μ de diámetro; excepcionalmente, algunas procariotas como *Epulopiscium fishelsoni*, simbiote del pez cirujano, pueden alcanzar 50 μ de diámetro y 0.5 mm de largo, mientras que las nanobacterias sólo miden 0.1 μ de diámetro.

La característica diferencial más importante de las células procariotas es su carencia de compartimentos intracelulares; su material genético "nucleoide" es una molécula de ADN circular de doble cadena carente de membrana nuclear. El citoplasma de las eubacterias, rodeado de una unidad de membrana bicapa fosfolipídica, contiene gran cantidad de agua, el nucleoide y numerosos ribosomas. Algunas células bacterianas son capaces de organizar inclusiones como gránulos de reserva energética: lípidos, fosfatos polimerizados, almidones. Las bacterias están rodeadas por una pared que da forma y rigidez a la célula y le permite resistir la gran presión osmótica interna, debida a la gran concentración de solutos dentro de ella. Con frecuencia, los organismos procariotas secretan materiales viscosos y pegajosos en la superficie, polisacáridos o proteínas, denominados cápsula, glicocalix o capa mucosa que puede ser gruesa, fina, rígida o flexible, dependiendo de su naturaleza química. Estas capas son importantes, sobre todo en la adherencia o fijación de los microorganismos a las células hospedadoras, y pueden contribuir a la resistencia frente a diversos agentes antimicrobianos y a la desecación (Ingraham e Ingraham, 1998). Algunas especies del dominio Bacteria forman estructuras especiales llamadas endosporas, las cuales han tenido gran trascendencia debido a su alta resistencia al calor, a la desecación, a la radiación, a los ácidos y a compuestos químicos utilizados en los procesos de desinfección. Además, pueden permanecer en estado de latencia durante periodos muy largos, hasta varias décadas.

Ejercicio 1. Procariotas. Observe células preparadas de bacterias a 10X, 40X y a 100X. Preste atención especialmente a la escala de observación.

Eucariotas

Las células eucariotas presentan un verdadero núcleo, separado del citoplasma por una doble membrana, de diámetro que varía entre 5 μ y 20 μ con organelos compartimentalizados que le confiere mayor grado de organización y funcionalidad, pues permite que las concentraciones de biomoléculas para el metabolismo sean mucho más elevadas que las que se podrían lograr en ausencia de compartimentos. Controla además el tránsito de materiales entre células adyacentes y entre los diversos organelos, permitiendo que la célula mantenga ambientes químicos especializados para los procesos que ocurren en los diferentes compartimentos.

Ejercicio 2. Eucariotas unicelulares. En las muestras que observará en este ejercicio es probable que encuentre múltiples organismos, algunos de ellos multicelulares. Enfóquese en los protistas.

a. Prepare una lámina con una gota de agua de charco con una gota de Lugol para colorearlos. Realice esquemas de lo que observa.

La organización de la célula eucariota animal puede dividirse en tres grandes compartimientos: membrana plasmática o celular, citoplasma y núcleo. La membrana plasmática rodea a la célula y la separa de su entorno. Su estructura básica es una bicapa lipídica con proteínas periféricas e integrales, cuya naturaleza le confiere una gran variedad de funciones, como la permeabilidad selectiva, a través de la cual se controla la entrada y salida de sustancias por diferentes sistemas de transporte. En el citoplasma se distinguen el citoesqueleto y los organelos citoplasmáticos. En el citoplasma, con apariencia de gel viscoso y rico en nutrimentos, tiene lugar el metabolismo anoxigénico. El citoesqueleto, una red de filamentos proteicos que se extiende a través del citoplasma manteniendo la conformación de la célula, permite también los movimientos citoplasmáticos y de organelos; además, dirige el tráfico intracelular. Las estructuras citoplasmáticas delimitan nuevos espacios intracelulares, como el retículo endoplasmático, aparato de Golgi, lisosomas, mitocondrias, cuya composición, forma, estructura y función son específicas para cada una y solamente pueden ser vistas con microscopio electrónico. El núcleo se caracteriza por un material viscoso, el nucleoplasma, en el que se incrustan nucleolos y la red de cromatina que contiene el material genético.

Ejercicio 3. Eucariotas animales.

a. Observe las láminas preparadas con frotis sanguíneo humano. Con la orientación de la docente, busque y describa cada uno de los tipos de células presentes (eritrocitos, neutrófilos, eosinófilos, basófilos, linfocitos, monocitos) y a las plaquetas.

b. Observe las láminas de tejidos de vertebrados previamente preparadas. Trate de distinguir las células que conforman los tejidos. Note la variación morfológica entre tipos de tejidos.

La organización de la célula eucariota vegetal es análoga a la de la célula animal, también está compartimentalizada. Sin embargo, estructuras como la pared celular, los cloroplastos y las vacuolas son exclusivas de este tipo celular. La pared celular es una estructura externa rígida con funciones de protección y sostén mecánico; está constituida de polisacáridos estructurales como celulosa, lignina, pectinas, hemicelulosa, entre otros. Las numerosas vesículas, de tamaño reducido de las células animales, son reemplazadas en las células vegetales por una gran vacuola de disposición central y con funciones de control hídrico y digestivo.

Ejercicio 4. Eucariotas vegetales.

a. Cebolla. Corte un bulbo de cebolla y separe una porción. De la cara cóncava de la porción obtenida retire con pinzas una fina capa de tejidos y haga un montaje húmedo para observación al microscopio. Examine con menor aumento y dibuje destacando forma y arreglo de las células del tejido. Pase a observar con mayor aumento una de las células y grafique algunos detalles celulares. Calcule la longitud y anchura de la célula observada.

b. Prepare un nuevo montaje de tejido de cebolla y en lugar de agregar agua a la preparación agregue una gota de solución de Lugol. Haga nuevos esquemas. Identifique pared celular, vacuola, citoplasma y núcleo.

c. Hojas de *Elodea*. Prepare un montaje húmedo teniendo cuidado de que el haz de la hoja esté dirigido hacia arriba. Enfoque el borde de la hoja en donde es más fácil observar detalles estructurales. Dibuje destacando arreglo y forma de las células del tejido. Note la abundante cantidad de cloroplastos. Calcule la longitud celular usando menor aumento. Observe con mayor aumento una célula de *Elodea*, ilumine convenientemente la preparación y

observará ciclos (movimiento giratorio del citoplasma y los organelos). ¿Qué posición ocupan el núcleo y la vacuola?

d. Hojas de *Tradescantia*. Prepare un montaje húmedo con el corte longitudinal de la hoja, tratando de extraer solo la epidermis. Preste especial atención a las células que conforman y rodean cada estoma. Realice esquemas.

GUÍA PARCIALMENTE BASADA EN LAS SIGUIENTES REFERENCIAS

Arrieta, D. 1984. Prácticas de Laboratorio de Biología General. Universidad Industrial de Santander. Departamento de Biología.

Castro, F., Vélez, M. C., y Rondón, F. 2002. Manual de prácticas y talleres en Biología General. Universidad del Valle. Departamento de Biología.

Hernández, P., Quintero, G. M., Silva, M., Cardozo, F., Pardo, R. H. 2011. Manual de prácticas de Biología. Universidad de la Salle. Bogotá.

Fuente: La guía fue elaborada por Mauricio Torres Mejía y modificada por Yamile Granados Pérez para las prácticas de laboratorio de “Biología” de la UIS.



2. MITOSIS

INTRODUCCIÓN

La mitosis es la división del núcleo de las células eucariotas seguido por la división del citoplasma (citoquinesis). La mitosis produce dos células que son genéticamente idénticas a la célula original (a menos de que haya mutaciones). La mitosis es responsable del crecimiento de un organismo multicelular, desde el cigoto hasta el tamaño adulto. Así mismo, la mitosis es necesaria para la reparación y reemplazamiento tisular.

En las células eucariotas el ciclo celular recibe el nombre de mitótico y la replicación del ADN ocurre en la fase S de la Interfase y la segregación de cromosomas y repartición de organelos en la mitosis (M). La mitosis dura cerca de una hora, por lo que aproximadamente el 95% del ciclo celular se encuentra en interfase (intervalo entre dos mitosis).

La interfase se compone de tres fases: la G₁, donde se realiza la síntesis de proteínas necesarias para la replicación del ADN; la S, donde se lleva a cabo la replicación del ADN; y la G₂, que se caracteriza por la producción de proteínas necesarias para la duplicación de organelos. Las células pueden entrar en un periodo de latencia (fase G₀) cuando las condiciones para la reproducción celular no son favorables.

En las células eucariotas el ciclo celular recibe el nombre de mitótico y la replicación del ADN ocurre en la fase S de la Interfase y la segregación de cromosomas y repartición de organelos en la mitosis (M). La mitosis dura cerca de una hora, por lo que aproximadamente el 95% del ciclo celular se encuentra en interfase (intervalo entre dos mitosis).

La interfase se compone de tres fases: la G1, donde se realiza la síntesis de proteínas necesarias para la replicación del ADN; la S, donde se lleva a cabo la replicación del ADN; y la G2, que se caracteriza por la producción de proteínas necesarias para la duplicación de organelos. Las células pueden entrar en un periodo de latencia (fase Go) cuando las condiciones para la reproducción celular no son favorables.

Tanto en animales como en vegetales la mitosis se caracteriza por presentar cinco fases: profase temprana, profase tardía o prometafase, metafase, anafase y telofase. La profase temprana se caracteriza por la migración de los centrosomas hacia los polos, formación del aparato mitótico, inicio de la condensación de la cromatina, desintegración del nucleolo formando nuevos ribosomas y aumento del tamaño del núcleo. En la prometafase o profase tardía ocurre la desintegración de la membrana nuclear y la unión de los cinetocoros con los microtúbulos del aparato mitótico. En metafase todos los cromosomas dobles se localizan en el plano ecuatorial debido a la tensión que producen los microtúbulos asociados a los cinetocoros. En anafase se genera la ruptura de los centrómeros, ocasionando separación de cromátidas hermanas y migración hacia los polos celulares. La telofase, en las células animales, se caracteriza por la formación de un anillo contráctil de microfilamentos de actina para que ocurra la citocinesis. En las células vegetales, la presencia de paredes celulares rígidas alrededor de cada célula impide la formación del anillo contráctil, por lo cual el proceso de separación implica la acumulación de polisacáridos. Éstos constituyen el fragmoplasto que se extiende hasta la pared formando la lámina, alrededor de la cual se formarán las nuevas paredes primarias.

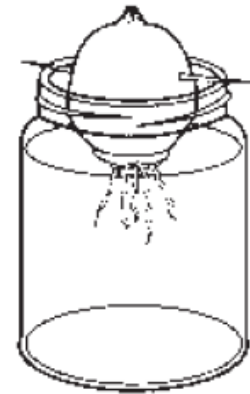
OBJETIVOS

1. Reconocer las fases de la mitosis en un tejido vegetal.
2. Determinar la frecuencia de la división mitótica y de cada una de sus fases.

MATERIALES

Materiales provistos por el estudiante:

6. Bulbo de cebolla con raíces mayores a 1 cm. Prepare el montaje como se muestra en la figura abajo, donde el bulbo está sujeto con un palillo de dientes y su base está sumergida en un frasco con agua. Éste montaje se debe mantener a temperatura ambiente por unos cinco días antes del laboratorio. *Nota: Si tiene cebollas en la nevera con raíces, cuyos extremos no estén maltratados, las pueden traer.*
7. Lápiz con borrador (para realizar el montaje: squash)
8. Hojillas
9. Aguja de disección
10. Láminas portaobjetos
11. Papel absorbente
12. Pinzas
13. Caja de Petri



Materiales provistos por el docente

- Microscopio compuesto.
- Estereoscopio.
- Azul de toluidina, con un gotero
- HCl 2.5 N con un gotero
- Agua destilada
- Mecheros

PROCEDIMIENTO

En la primera sección de ésta práctica responderemos a la pregunta:

¿cómo se relaciona la duración de la mitosis con la de la interfase y cómo se relacionan las fases de la mitosis con la duración del proceso mitótico?

Así mismo, probaremos dos hipótesis:

1. Si la duración del proceso mitótico es más corta que la de la interfase, entonces la proporción de células en mitosis será menor que la de células en interfase. En caso contrario, será mayor la proporción de células en mitosis.
2. Si las duraciones de las fases de la mitosis difieren entre sí, entonces variará la proporción de células en diferentes fases. En caso contrario, las duraciones de las fases serán similares entre sí.

Para cuantificar la frecuencia de estados del ciclo celular se puede establecer una relación entre las fases de la división mitótica y la interfase a partir del coeficiente mitótico (**CM=número células mitóticas/número total de células observadas**) y se puede calcular el recuento de fase (**RF=número de células en una fase dada/número total de células mitóticas**).

Ejercicio 1. Mitosis.

Preparación de la lámina:

- Corte 2 mm del extremo de una raíz de cebolla, póngala en una lámina portaobjetos, añada tres gotas de ácido clorhídrico.
- Flamee la lámina por un minuto sin dejar ebulir ni secar la solución.
- Retire el líquido con papel absorbente, lave con agua 2-3 veces y retire el agua.
- Añada tres gotas de azul de toluidina, flamee por un minuto sin dejar secar ni ebulir el líquido.
- Seque el colorante con papel absorbente.
- Añada una gota de colorante y cubra con una lámina cubreobjetos.
- Haga presión suave con el borrador de un lápiz hasta observar el aplastamiento homogéneo del tejido.

Observación de la muestra:

- Observe la lámina (empezando con el objetivo de menor aumento) hasta hallar células representantes de la interfase y de cada una de las fases mitóticas. **Dibuje** cada tipo de célula.

- Haga un transecto de células contiguas anotando el estado del ciclo celular en que se encuentra cada célula. **Deténgase** cuando alcance al menos 50 células en división mitótica. Anote sus datos en la Tabla 1.
- Calcule el CM y los RFs para éste tejido usando los datos de su transecto. Anote sus resultados en la Tabla 1.

TABLA 1. Registro del conteo de células.

	Número de células				
	Interfase	Profase	Metafase	Anafase	Telofase
Conteo					
RF	No aplica				
Total: células en mitosis					
Total: células en interfase + mitosis					
CM					

Hipótesis 1: _____

Hipótesis 2: _____

GUÍA ADAPTADA DE:

Arrieta, D. 1984. Prácticas de Laboratorio de Biología General. Universidad Industrial de Santander. Departamento de Biología.

McGraw Hill-Glencoe. Biology Pre-AP Lab Manual. McGraw Hill.

University of California, Riverside, Biology 5A lab manual.

Fuente: La guía fue elaborada por Mauricio Torres Mejía y modificada por Yamile Granados Pérez para las prácticas de laboratorio de “Biología” de la UIS.