

**CONTRIBUCIÓN DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA BASADA EN TIC A LA  
EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS MENTALES SOBRE CICLO CELULAR**

**Juan Andrés Estrada Torres**

**DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN AVANZADA**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**MEDELLÍN**

**2013**

**CONTRIBUCIÓN DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA BASADA EN TIC A LA  
EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS MENTALES SOBRE CICLO CELULAR**

**Juan Andrés Estrada Torres**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
MAGÍSTER EN EDUCACIÓN**

**ASESORA  
SONIA YANETH LÓPEZ RÍOS**

**DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN AVANZADA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA  
MEDELLÍN**

**2013**



**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

**ÍNDICE GENERAL**

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 3. OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Objetivo general</b>	<b>21</b>
<b>3.2 Objetivos específicos</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 4. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO 5. MARCO TEÓRICO</b>	<b>58</b>
<b>5.1 Aproximaciones pedagógico-didácticas</b>	<b>58</b>
<b>5.1.1 Los modelos mentales, perspectiva de Johnson-Laird.</b>	<b>58</b>
<b>5.1.2 Las TIC como herramientas cognitivas.</b>	<b>63</b>
<b>5.1.3 Relación entre los referentes teórico pedagógico-didácticas.</b>	<b>65</b>
<b>5.2 Las TIC en la enseñanza de las ciencias.</b>	<b>66</b>
<b>5.3 Algunas aproximaciones teóricas sobre el ciclo celular.</b>	<b>68</b>
<b>5.4 Algunos aspectos legales del uso de las TIC en la educación colombiana</b>	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO 6. FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA</b>	<b>75</b>
<b>6.1 Metodología de Investigación.</b>	<b>75</b>
<b>6.1.1 investigación cualitativa.</b>	<b>76</b>
<b>6.1.2 Instrumentos de recolección de información.</b>	<b>80</b>



**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

<b>6.1.3. Procedimientos y técnicas de análisis de la información.</b>	<b>86</b>
<b>6.2 Metodología de Enseñanza.</b>	<b>91</b>
<b>CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.</b>	<b>107</b>
<b>CAPÍTULO 8. CONSIDERACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>211</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</b>	<b>219</b>
<b>ANEXOS.</b>	<b>230</b>

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b>	Relación entre la Teoría de los Modelos Mentales y las Mindtools, en el marco de este trabajo.	66
<b>Figura 2.</b>	Esquema que representa las etapas del ciclo celular	69
<b>Figura 3.</b>	Secuencia de imágenes de la primera animación construida por E1.	109
<b>Figura 4.</b>	Mapa conceptual construido por E1 y sus compañeros.	112
<b>Figura 5.</b>	Representaciones de cromosomas mitóticos de E1.	114
<b>Figura 6.</b>	Representación de E1 sobre la anafase.	115
<b>Figura 7.</b>	Secuencia de imágenes de la segunda animación construida por E1.	116
<b>Figura 8.</b>	Comparación entre células realizado por E1 y su equipo.	119
<b>Figura 9.</b>	Secuencia de imágenes de la última animación construida por E1.	120
<b>Figura 10.</b>	Secuencia de imágenes de la primera animación construida por E2.	127
<b>Figura 11.</b>	Mapa conceptual construido por E2 y sus compañeros.	130
<b>Figura 12.</b>	Representaciones de cromosomas mitóticos de E2.	132
<b>Figura 13.</b>	Representación de E2 sobre la anafase.	134
<b>Figura 14.</b>	Secuencia de imágenes de la segunda animación construida por E2	136

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

<b>Figura 15.</b>	Comparación entre células realizada por E2.	141
<b>Figura 16.</b>	Secuencia de imágenes de la última animación construida por E2.	143
<b>Figura 17.</b>	Secuencia de imágenes de la primera animación construida por E3.	150
<b>Figura 18.</b>	Mapa conceptual construido por E3 y sus compañeros.	153
<b>Figura 19.</b>	Representación de cromosoma mitótico de E3.	155
<b>Figura 20.</b>	Representación de E3 sobre la anafase	156
<b>Figura 21.</b>	Secuencia de imágenes de la segunda animación construida por E3.	157
<b>Figura 22.</b>	Comparación entre células realizada por E3.	162
<b>Figura 23.</b>	Secuencia de imágenes de la última animación construida por E3.	163
<b>Figura 24.</b>	Secuencia de imágenes de la primera animación construida por E4.	170
<b>Figura 25.</b>	Mapa conceptual construido por E4 y sus compañeros.	173
<b>Figura 26.</b>	Representaciones de cromosomas mitóticos de E4.	175
<b>Figura 27.</b>	Representación de E4 sobre la anafase.	176
<b>Figura 28.</b>	Secuencia de imágenes de la segunda animación construida por E4.	177
<b>Figura 29.</b>	Comparación entre células realizado por E4 y sus compañeros.	181
<b>Figura 30.</b>	Secuencia de imágenes de la última animación construida por E4.	183

<b>Figura 31.</b>	Secuencia de imágenes de la primera animación construida por E5.	191
<b>Figura 32.</b>	Mapa conceptual construido por E5 y sus compañeros.	194
<b>Figura 33.</b>	Representación de cromosomas mitóticos de E5.	196
<b>Figura 34.</b>	Representación de E5 sobre la metafase.	197
<b>Figura 35.</b>	Secuencia de imágenes de la segunda animación construida por E5.	198
<b>Figura 36.</b>	Comparación entre células realizado por E5 y sus compañeros.	203
<b>Figura 37.</b>	Secuencia de imágenes de la última animación construida por E5.	204

**LISTA DE TABLAS**

<b>Tabla</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b>	Revisión de referencias sobre diversas propuestas metodológicas para la enseñanza de la célula.	34
<b>Tabla 2.</b>	Referencias sobre la enseñanza de la célula desde la perspectiva de los modelos mentales.	44
<b>Tabla 3.</b>	Artículos que tienen como eje el uso de TICs en la enseñanza de la biología.	54
<b>Tabla 4.</b>	Links de diferentes animaciones utilizadas en las clases.	85
<b>Tabla 5.</b>	Relación entre los objetivos específicos y las categorías apriorísticas.	89
<b>Tabla 6.</b>	Fuentes de información para el análisis de cada subcategoría.	91
<b>Tabla 7.</b>	Síntesis de la propuesta didáctica implementada en la investigación.	106
<b>Tabla 8.</b>	Concepciones de E1 sobre mitosis.	110
<b>Tabla 9.</b>	Descripciones del ciclo celular de la E1 en la actividad 11.	113
<b>Tabla 10.</b>	Elementos destacados de la segunda animación construida por E1.	117
<b>Tabla 11.</b>	Consistencias del análisis de imágenes de células y cromosomas realizado por E1.	119
<b>Tabla 12.</b>	- Concepciones de E2 sobre mitosis.	128
<b>Tabla 13.</b>	Descripciones del ciclo celular de E2 en la actividad 11	131
<b>Tabla 14.</b>	Elementos destacados de la segunda animación	137

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

	construida por E2	
<b>Tabla 15.</b>	Consistencias del análisis de imágenes de células y cromosomas realizado por E2.	140
<b>Tabla 16.</b>	Descripciones del ciclo celular de E3 en la actividad 11.	154
<b>Tabla 17.</b>	Elementos destacados de la segunda animación construida por E3.	158
<b>Tabla 18.</b>	Consistencias del análisis de imágenes de células y cromosomas realizado por E3.	161
<b>Tabla 19.</b>	Concepciones de E4 sobre mitosis.	171
<b>Tabla 20.</b>	Descripciones del ciclo celular de E4 en la actividad 11.	173
<b>Tabla 21.</b>	Elementos destacados de la segunda animación construida por E4.	178
<b>Tabla 22.</b>	Consistencias del análisis de imágenes de células y cromosomas.	180
<b>Tabla 23.</b>	Descripciones del ciclo celular de E5 en la actividad 11.	195
<b>Tabla 24.</b>	Elementos destacados de la segunda animación construida por E5.	199
<b>Tabla 25.</b>	Consistencias del análisis de imágenes de células y cromosomas por E5.	202



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

### **CAPÍTULO 1.**

#### **INTRODUCCIÓN.**

El concepto de célula es clave en la organización del conocimiento biológico, la célula es una entidad compleja y abstracta en la mente de los estudiantes; aunque esta es una conjunto física, real, que existe en el mundo biológico, generalmente este concepto se forma a partir del discurso presentado por los docentes de ciencias naturales en los últimos años de la escuela primaria. Para los organismos pluricelulares, el ciclo celular es fundamental en el desarrollo de su estructura, formación de tejidos y funcionamiento; por tal motivo, es de suma importancia la comprensión de este proceso, su interpretación, y la estructuración de una representación funcional que del mismo se haga en la mente de los estudiantes como mediadora entre el mundo vivo y el sujeto que aspira acercarse a él para entenderlo y aprehenderlo.

Los estudios en el campo de la enseñanza-aprendizaje de la biología son más escasos, si los comparamos con los estudios realizados en otras disciplinas como la física y la química. Son pocos los estudios en el campo de la enseñanza-aprendizaje de la biología que ponen de manifiesto las dificultades en la comprensión e interpretación del ciclo celular, en cuanto a su funcionamiento e importancia en el mundo biológico; la mayoría de las investigaciones se enfocan en la célula de manera general, problemas alrededor de la comprensión del concepto, tanto a nivel estructural como funcional; Así mismo, la enseñanza de la célula y sus procesos generalmente se ha realizado desde un modelo didáctico conductista, fundamentado en el rol del docente como generador de conocimiento y los estudiantes como receptores pasivos de esta información y “memorizadores” de conceptos; y generalmente sin tener en cuenta las concepciones previas que

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

tienen los estudiantes. Ello, sumado al hecho de que los libros de texto contienen representaciones aisladas y estáticas de la célula, que contribuyen a generar en los estudiantes una imagen de la célula como entidad pasiva y carente de movimiento; ejerciendo una influencia negativa en sus modos de representación y convirtiéndose luego en un obstáculo epistemológico –en los términos de Bachelard– que dificulta asimilar y aprehender el ciclo celular.

Toma relevancia entonces, indagar sobre esos modos de ver el ciclo celular que tienen los estudiantes, analizar sus representaciones como estructuras mentales con entidad propia, es decir, como "modelos mentales". Para esto se diseña e implementa una propuesta de enseñanza que utiliza como marco teórico de referencia la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (Johnson-Laird, 1983), para él los modelos mentales son análogos estructurales del mundo que se utilizan ante la imposibilidad de aprehender el mundo directamente, actúan como intermediarios entre el sujeto y su realidad, posibilitando su comprensión y su proceder en él.

En la búsqueda por comprender los modelos mentales de los estudiantes, se utilizaron algunas tecnologías computacionales que permitieron la exteriorización de dichos modelos; estas herramientas tecnológicas son denominadas *Mindtools*, y según Jonassen son "herramientas de la mente", aplicaciones que sirven para ayudar a los estudiantes a organizar y representar lo que ellos saben generando mejoras en la reflexión y el aprendizaje.

Adicional a lo anterior, esta propuesta didáctica implementada en esta investigación, tenía el propósito de contribuir en la evolución de los modelos mentales de ciclo celular de los estudiantes, a partir del empleo de algunos elementos de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) para la



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

introducción de conceptos teóricos fundamentales alrededor de la vida de la célula, buscando así acercarlos a una mejor comprensión del proceso mediante la construcción de animaciones del ciclo celular; considerando las animaciones como un tipo de representación con un gran potencial para externalizar los modelos mentales que construyen los estudiantes como producto de su percepción del mundo. Constituyéndose este trabajo en un primer acercamiento a dichos modelos mentales, y conscientes de la necesidad de hacer más aportes investigativos en este campo.

El contexto en el que se llevó a cabo la investigación se corresponde con un curso de Biología Celular del programa Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Universidad de Antioquia. Los estudiantes participantes en el estudio cursaban el segundo semestre de su programa académico y sus edades oscilaban entre los 17 y 21 años. El profesor de la asignatura actuó como investigador, recopilando la información a partir de la propia práctica docente a lo largo del semestre 2013-1. La intervención estuvo enfocada a encontrar respuesta para la siguiente pregunta orientadora:

¿Cuál es la contribución de una propuesta didáctica apoyada en TIC en la evolución de los modelos mentales que tienen los estudiantes de acerca del concepto de ciclo celular?

El desarrollo de esta investigación y sus resultados se muestra en 8 capítulos. El capítulo 1 ofrece una introducción al trabajo, en el capítulo 2 se plantea el problema de investigación, se describen las dificultades percibidas en el ejercicio como docente y en la literatura sobre la enseñanza y aprendizaje del ciclo celular, y se discute acerca de cuál ha sido el papel de las TIC en los procesos educativos



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

referentes a los conceptos biológicos. En el capítulo 3 se plantean los objetivos, general y específicos que orientaron esta investigación.

En el capítulo 4 se presenta la revisión de literatura, abordando <<los siguientes ejes temáticos relacionados con la investigación: las propuestas metodológicas para la enseñanza de la célula, la enseñanza de la célula desde la perspectiva de los modelos mentales y el uso de TIC (simulación y animación) para la enseñanza de la biología celular.

El capítulo 5 se refiere al marco teórico, apartado en el cual se hace una presentación sobre cada uno de los referentes conceptuales que fundamentan la propuesta didáctica: los modelos mentales de Philip Johnson-Laird y las *Mindtools* de David Jonassen como referente para utilizar las TIC como herramientas cognitivas. Además, se hacen algunos comentarios acerca de la normativa e importancia del uso de las TIC en la educación, particularmente en la educación en ciencias; y por último se presentan algunos elementos teóricos sobre las características del ciclo celular.

En el sexto capítulo se presenta la fundamentación metodológica del trabajo constituida por dos partes esenciales: el referencial metodológico en el que se presenta una descripción de la metodología cualitativa, concretamente en lo que se refiere al estudio de casos, por ser el método implementado para orientar y realizar el análisis del estudio; y en esta misma sección se hace una síntesis del progreso de la investigación y se describen los diferentes instrumentos de recolección de información. Y en la segunda parte de la fundamentación metodológica es descrita la metodología de enseñanza o propuesta didáctica implementada en esta investigación.



## **FACULTAD DE EDUCACIÓN**

### **Departamento de Educación Avanzada**

Los resultados y su respectivo análisis se presentan en el capítulo 7, teniendo en cuenta la valoración de cada objetivo específico asociado con los referentes teóricos orientadores de la investigación. Se muestra el análisis de los datos colectados a lo largo de la implementación de la propuesta didáctica, haciendo una síntesis interpretativa de la información obtenida para cada uno de los casos. El análisis cualitativo de la información obtenida se hace mediante la categorización, codificación, interpretación y descripción de ésta.

En el capítulo 8 se presentan las consideraciones finales del estudio, retomando de manera general los principales resultados encontrados para los 5 casos estudiados y se concluye con algunas recomendaciones que se generan como resultado de esta investigación.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

### CAPÍTULO 2.

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En este capítulo se hará un recuento de las dificultades observadas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biología celular, particularmente en lo relativo al ciclo celular; de igual manera se hace una reflexión sobre cómo ha sido la contribución de las TIC como elementos alternativos para la presentación y comprensión de conceptos referentes a la vida de la célula. Al final de estas reflexiones se presenta la pregunta de investigación que orientó esta investigación.

El término célula históricamente obedeció a un concepto netamente morfológico – anatómico y pasaron muchos años antes de que se reconocieran los componentes celulares y sus funciones; se ha determinado que los estudiantes en los diferentes niveles de escolaridad poseen dificultades para abordar el concepto, los estudios coinciden en señalar problemas relacionados con la comprensión en cuanto a su tamaño, forma, componentes y funciones, entre otros (Yorek et al., 2010).

Enseñar muchos de los conceptos relacionados con la teoría celular tal y como hoy la conocemos, ha generado complicaciones a los docentes de biología, así por ejemplo el proceso de división celular es un tema con un nivel de complejidad alto debido a los términos que se utilizan, sus diferentes etapas y fases (las cuales se dan secuencialmente), a las distintas características de la interfase, la mitosis y la meiosis, además por su relación con la constitución de tejidos y/o formación de gametos.

El aprendizaje y enseñanza de la división celular puede parecer una tarea fácil porque hay muchos recursos publicados y libros de texto que proponen materiales

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

didácticos para abordar el tema; sin embargo, en lo que se refiere a la investigación sobre las ideas previas de los alumnos acerca de esta temática, existe poca información. Lo más común es que aun después de haber tomado las clases de biología celular, los estudiantes siguen utilizando conceptos que son diferentes de los conceptos científicos; y que pueden convertirse -en los términos de Bachelard- en un obstáculo epistemológico para la comprensión de los conceptos actualmente aceptados por la comunidad científica.

Algunas de las principales razones por las que se generan estas dificultades pueden ser: el énfasis principal está puesto en el contenido de la materia, de la biología celular, mientras que las perspectivas, los intereses y las necesidades de los estudiantes no son consideradas en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Además, la falta de investigaciones que den cuenta de la influencia de los materiales de enseñanza, no permite dimensionar el impacto que estos tienen en el aprendizaje de los estudiantes, dificultando conocer el real potencial de estos elementos y su integración al aula y al currículo.

Tradicionalmente la enseñanza de las ciencias experimentales y en particular de la biología celular en nuestro país se caracteriza por un modelo didáctico conductista, donde el docente aparece como generador de conocimiento y ofrece conceptos a los alumnos que son los receptores de esta información, lo que convierte a la clase de biología en una transmisión por parte del profesor de una serie de contenidos complejos e intangibles que permanecen inmutables; así como la memorización por parte de los estudiantes de leyes y “verdades” científicas que resultan poco motivante.

“Por lo tanto es fundamental intentar la construcción de modelos más acordes con la realidad que se quiere representar, el concepto de célula, que es de enorme



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

complejidad y que supone procesos dinámicos cuya de las deducciones e inferencias que suponen entender, explicar y predecir el comportamiento de un ser vivo como tal” (Rodríguez 2003, p. 78).

En una nueva intención por mejorar los procesos de adquisición de conocimiento, se ha tratado que la educación científica en nuestro contexto tome un giro hacia un modelo constructivista, que tiene como propósito principal que los estudiantes logren la comprensión del mundo de un modo racional, a través de la interacción con él (Tamayo, 2007; De Zubiría, Ramírez, Ocampo & Marín 2008). En este sentido, se ha generado cierta tendencia a favorecer actividades de exploración e interacción que conduzcan a los estudiantes a la comprensión de fenómenos científicos, haciéndolos partícipes de su propio aprendizaje.

El paso a un modelo constructivista puede crear un entorno de aprendizaje interactivo y motivador tanto para los alumnos como para los propios docentes. Este nuevo ámbito también implica un cambio en los roles de alumnos y docentes; el rol del profesor dejará de ser únicamente el de transmisor de conocimiento para convertirse en un facilitador y orientador del conocimiento y en un participante del proceso de aprendizaje junto con el estudiante. Este nuevo rol no disminuye la importancia del docente, le exige nuevos conocimientos, materiales educativos y habilidades; y por parte del estudiante se requiere que desarrolle su creatividad, que se involucre de manera activa, de modo que sea él mismo quien explore e interactúe con los materiales de enseñanza. Este enfoque constructivista y reflexivo permite al estudiante apropiarse de nuevos conocimientos y relacionarlos con los previos, lo cual propicia una reflexión sobre su propio aprendizaje.

Al mismo tiempo que se ha intentado cambiar el modelo de la enseñanza de las ciencias, hemos sido testigos de una revolución en cuanto a los avances

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

tecnológicos y su aplicabilidad en todos los campos, y de manera particular en el ámbito de la educación; específicamente las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y su incorporación en la enseñanza de las ciencias. Estas pueden ofrecer ventajas notables para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales; pues se han convertido en una herramienta didáctica que permite el acceso a una gran cantidad de información y abre nuevos canales de comunicación, rompiendo con barreras temporales y espaciales; además, podrían generar en los alumnos cambios actitudinales que propiciarían un cambio en la forma de ver su propio aprendizaje en la medida en que busquen, encuentren, sintetizen y compartan su conocimiento a partir de la interacción con otros.

Por lo que las TIC se convierten en un instrumento poderoso para apoyar este cambio y para facilitar el surgimiento de nuevos roles en docentes y alumnos. Donde el rol del maestro sería el de fungir como mediador entre los materiales de aprendizaje y el estudiante; teniendo como función prioritaria complementar, actualizar, facilitar y, en última instancia, posibilitar la mediación pedagógica; y el estudiante deberá fortalecer sus habilidades técnicas, adquirir el hábito del cuestionamiento continuo y asumir la responsabilidad de ser más partícipe en la construcción de sus propios aprendizajes; de tal manera que desarrolle su creatividad haciendo uso de manera reflexiva de las herramientas TIC que son ofrecidas para su aprendizaje.

En la actualidad se cuenta con la posibilidad de utilizar una gran cantidad de recursos digitales como *software* educativo, videos, *webquest*, imágenes digitales, programas tutoriales, etc. Se destacan entre estos los *software* de animación y simulación (Stith, 2004; O'Day, 2006; Fernández, Herreras, Asensio & Gregori, 2007; Casas, García & Sanmartí, 2008). Estos últimos, como su nombre indica, representan el funcionamiento de un sistema. Las simulaciones pueden utilizar

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

algunos datos reales por medio de un *software* y permiten al alumno modificar o manipular las condiciones del fenómeno, controlar variables, etc. Si bien las simulaciones no sustituyen a las experiencias reales, son modelos, representaciones de sistemas reales o considerados reales y en muchos casos constituyen una alternativa interesante, sobre todo cuando los experimentos hacen referencia a fenómenos o procesos intangibles, constituyen alto riesgo o requieren aparatos o tecnología muy sofisticada (Pontes, 2001; Morcillo, 2007). Casas, García & Sanmartí (2008) consideran como animaciones aquellos recursos multimedia que se pueden encontrar en la web y que fundamentalmente se caracterizan por presentar movimiento. Para Pontes (2005) una animación o modelización animada consiste en la simulación de un proceso (físico, químico, biológico, tecnológico...), sin incluir parámetros cuantitativos que puedan ser introducidos o modificados por el usuario, de modo que el objetivo de este tipo de simulación consiste en mostrar desde un punto de vista gráfico o visual la evolución de un sistema como puede ser el caso del crecimiento de una célula, el movimiento de los planetas, los cambios atómico-moleculares de una reacción química o el funcionamiento de una aplicación tecnológica

Todo lo dicho anteriormente demuestra que es preciso que se generen nuevas estrategias a nivel curricular y planteamientos pedagógicos para la enseñanza de la biología, propuestas didácticas apoyadas en TIC que no solo permitan la inmersión de los estudiantes en la nueva cultura tecnológica sino que promueva un aprendizaje duradero de conceptos básicos en la biología celular.

En el ámbito de este estudio nos referiremos a la modelación como un proceso de construcción de modelos o implementación de modelos ya construidos, buscando con ello aprehender la realidad; y se pretende justamente que mediante ese proceso de modelación, los modelos idiosincrásicos y tácitos (representaciones



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

internas) que poseen los estudiantes se conviertan en modelos explícitos (representaciones externas) que se aproximen cada vez más a los modelos científicamente aceptados; es decir, “llevar al estudiante a construir modelos mentales adecuados (consistentes con los propios modelos conceptuales) de sistemas o fenómenos naturales” (Moreira, Greca & Rodríguez, 2002, p. 46).

Se asume que la interacción de los estudiantes con las simulaciones y la creación de animaciones le permiten comprender mejor los sistemas, procesos o fenómenos de la biología celular, explorando conceptos, comprobando hipótesis o planteando explicaciones. Esta interactividad permitiría a los alumnos reestructurar sus modelos mentales al comparar el comportamiento de los modelos con sus previsiones y contrastarlos con los modelos mentales que tenían antes de la explicación del concepto particular. Teniendo presente estas cuestiones, esta investigación buscará conocer ¿Cuál es la contribución de una propuesta didáctica apoyada en TIC y enmarcada en la teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird (Johnson-Laird, 1983), en la evolución de los modelos mentales de ciclo celular que tienen los estudiantes a lo largo de un curso de Biología Celular de un programa académico de pregrado que tiene como propósito la formación de profesores de Ciencias Naturales y Educación Ambiental?

En este orden de consideraciones, en el siguiente capítulo se presentan los objetivos que se trazaron en esta investigación para darle respuesta a nuestra pregunta orientadora.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

### CAPÍTULO 3.

#### OBJETIVOS.

##### 3.1 Objetivo General:

Develar las posibles contribuciones de una propuesta didáctica apoyada en el uso de algunas herramientas TIC en la externalización y evolución de los modelos mentales que tienen los estudiantes sobre el ciclo celular

##### 3.2 Objetivos Específicos:

- Identificar los posibles cambios en los modelos mentales de los estudiantes sobre el ciclo celular al utilizar algunos recursos TIC como apoyo didáctico en los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- Explorar el alcance de las *Mindtools* en el proceso de construcción de animaciones para la externalización de los modelos mentales sobre ciclo celular.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

### **CAPÍTULO 4.**

#### **REVISIÓN DE LITERATURA.**

Con la intención de tener una visión general de las investigaciones sobre la biología de la célula y sus procesos, cómo se han enseñado los conceptos referentes a célula y qué aporte han hecho las TIC en el la enseñanza de los procesos celulares, se ha llevado a cabo una revisión de algunos trabajos y propuestas que pueden aportar un marco de referencia para la investigación. Se analizaron los resultados y las conclusiones que al respecto se han elaborado en investigaciones de diferente naturaleza, y desde distintas perspectivas teóricas y enfoques que han abordado el conocimiento biológico y sus problemas de aprendizaje (tablas 1, 2 y 3).

Como se mencionó anteriormente, el concepto de célula y particularmente el de ciclo celular han sido conceptos de difícil comprensión por parte de los estudiantes; siendo este último fundamental en el ámbito de la biología celular, a diferencia de la célula que, según Rodríguez (2000), es un concepto que se reconoce y que se representa efectivamente, aunque no de manera aceptada científica y contextualmente. El concepto de ciclo celular no se les presenta a los estudiantes en los niveles de formación básica y media, es de contextos generalmente universitarios y disciplinas más particulares como la biología celular y molecular.

“El concepto de “célula” es un concepto científico introducido por la escuela, que no forma parte del conocimiento cotidiano de sentido común; y se trata de un concepto que ha evidenciado serios problemas de comprensión en su aprendizaje”

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

(Rodríguez, 2000, p. 2), no sólo en lo que a Biología Celular se refiere, sino también en el conocimiento relativo a los seres vivos en general. Por eso la importancia de estudiar este concepto y sus procesos, ya que todos los seres vivos estamos formados de estas microscópicas unidades llamadas células y de cuyo funcionamiento depende el funcionamiento del organismo. El entendimiento de los procesos celulares por parte de los estudiantes, les permitirá comprender y reflexionar sobre las condiciones necesarias para el desarrollo y mantenimiento de la vida, dado que todo lo vivo contiene por lo menos una célula.

Rodríguez (2000) realizó una revisión bibliográfica muy completa de investigaciones acerca de las dificultades presentes en el proceso de enseñanza – aprendizaje del concepto de célula, y encontró obstáculos para la comprensión de éste tanto a nivel funcional como estructural; adicional a eso, también halló evidencias de dificultades por el desacuerdo entre la información recibida de los alumnos al realizarles entrevistas o pruebas y los conceptos impartidos por el profesor durante la clase (leyes, principios o procesos experimentalmente comprobados). Los autores entonces sugieren como estrategia metodológica, indagar más en lo que el estudiante tiene en su mente y por qué lo piensa de esa manera, puesto que los estudiantes ya tienen ideas previas y al interactuar con la información aportada por el profesor, favorecen la construcción de aprendizajes en cada estudiante, haciendo que este conocimiento sea más duradero y le permita dar respuesta a futuros interrogantes o determinados tipos de problemas, a partir de los cuales elabora o reconstruye nuevas representaciones duraderas más consistentes.

Algunos de esos trabajos han tenido como objeto específico de estudio el concepto de célula, varios enfoques que se han utilizado para su enseñanza o también de conceptos relacionados como el ADN y la genética. Y de igual manera

se han incluido otros estudios que dan idea de la relevancia de las TIC como herramientas para la enseñanza de los conceptos biológicos, así como su pertinencia para otros campos de investigación educativa.

Las fuentes consultadas son revistas especializadas o trabajos de grado de las dos últimas décadas, cuyo eje específico es la enseñanza de las ciencias, y en particular de la biología. También fueron revisados algunos trabajos en los que aparecen las TIC involucradas en los procesos de instrucción, así como varios estudios que analizan y reflexionan acerca del papel de la Teoría de los Modelos Mentales y su integración en el aula para la comprensión de los procesos de aprendizaje. Las investigaciones revisadas aportan información relevante para la formulación y desarrollo del presente trabajo de investigación, que está constituido por una propuesta didáctica apoyada en TIC y la valoración de su aporte en la evolución de los modelos mentales de ciclo celular.

Estas fuentes se clasificaron en tres ejes temáticos que facilitaron su análisis y permitieron visualizar mejor el problema de investigación.

- *Propuestas metodológicas para la enseñanza de la célula*

En esta categoría se tuvieron en cuenta diversas investigaciones que proponen planteamientos metodológicos para los procesos de enseñanza del concepto de célula, de igual manera se consideraron investigaciones que tuvieran como objeto de estudio procesos o conceptos relacionados con la célula o la estructura biológica de los seres vivos y los esfuerzos por facilitar su aprendizaje. La síntesis de estas investigaciones se presenta en la tabla 1.

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

<b>Autores, año y título del trabajo</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Marco teórico</b>	<b>Metodología de investigación</b>	<b>Población</b>	<b>Conclusiones</b>
Caballer, M. & Giménez, I. (1992). Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos.	Analizar las ideas espontáneas de los estudiantes de diferentes niveles en relación con el concepto de pluricelularidad.	Constructivismo	Investigación cualitativa	146 alumnos y alumnas de 8° EGB. 151 alumnos y alumnas de 1° de BUP. 61 alumnos y alumnas de COU de Biología. 53 alumnos y alumnas de Escuelas de Formación de Profesorado	El nivel de comprensión de la célula como unidad funcional es bajo en todos los niveles estudiados lo que se convierte en un obstáculo epistemológico para entender el funcionamiento de los organismos complejos.
Caballer, M. & Giménez, I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general	Analizar y evaluar el aprendizaje de la célula de estudiantes de 13 años de edad mediante cuestionarios.	No explícito	Metodología cuantitativa	94 estudiantes de 6 centros educativos que cursan octavo grado entre los 13 y los 14 años.	Se encuentran muchas dificultades en la comprensión del concepto de célula.  Las dificultades podrían mejorarse si se enseña el concepto de célula ligado a procesos vitales. De lo contrario el aprendizaje será muy memorístico.

FACULTAD DE EDUCACIÓN  
Departamento de Educación Avanzada

básica.					
Rodríguez, M. L. (1997). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza-aprendizaje de la estructura y funcionamiento celular.	Revisión bibliográfica de 19 investigaciones cuyo objetivo es determinar el papel que ejerce el conocimiento de la célula en el aprendizaje de la biología.	Representaciones de los conceptos	Revisión bibliográfica		Se encuentran ciertas falencias y limitantes en torno al enfoque que analiza las representaciones de los estudiantes. Ese nuevo enfoque supone prestar atención a todo lo que los jóvenes hacen y dicen y, consecuentemente, la interpretación de sus productos; la información que de ello se derive nos permitirá, como hipótesis, determinar sus representaciones y para ello, como se muestra no son suficientes los instrumentos comúnmente utilizados.
Mondelo, A., Matilde, M. & García, s. (1998). Criterios que utilizan los alumnos universitarios de primer ciclo para definir ser vivo .	Conocer qué criterios utilizan para diferenciar ser vivo de materia inerte.  Conocer que procedimientos científicos utilizan para avalar sus	No explícito	Metodología cuantitativa	226 estudiantes universitarios: 42 de biológicas (1º y 2º cursos) y 184 de distintas especialidades de Magisterio (1º de educación primaria y 1º de educación	Los resultados obtenidos en este trabajo permiten apreciar que, en general, los estudiantes consultados no usan los criterios básicos universales ya citados (célula, DNA) característicos del concepto ser vivo.

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

	explicaciones			infantil).	
Rodríguez, M. L. (2000). Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y a la investigación en el estudio de la célula.	Revisión bibliográfica de 49 investigaciones relacionadas con el aprendizaje de la Biología y el papel que tiene la comprensión del contenido celular	No explícito	Investigación documental		Es importante abordar el concepto de célula desde otros referentes teóricos que atiendan aspectos psicológicos con el fin de buscar pautas para mejorar los procesos de aprendizaje y enseñanza de la biología.
Ayuso, G. & Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria.	Planificar y desarrollar un programa sobre la enseñanza de la genética en educación secundaria	No explícito	Investigación cualitativa	Estudiantes de secundaria	Es necesario que los profesores nos planteemos la selección de los contenidos de enseñanza de manera más crítica y fundamentada, con criterios que apunten hacia la calidad de los aprendizajes más que a su cantidad, y que consideren su utilidad formativa para los estudiantes de niveles obligatorios de enseñanza.
Tanner, K. & Allen, D. (2002). Approaches to Cell Biology	Analizar las ideas asociadas al cambio conceptual y el papel	Cambio Conceptual	Reflexión teórica entorno al cambio conceptual y		La enseñanza para la comprensión es altamente influenciada por la corriente del cambio conceptual. Es importante destacar

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

Teaching: a Primer on Standards.	que cumplen las concepciones alternativas, así como sus implicaciones para las prácticas docentes.		resultados que arrojan algunas investigaciones.		que las ideas de cambio conceptual ya no son relevantes sólo en el ámbito teórico, sino que también tienen implicaciones prácticas para los profesores de ciencias en todos los niveles.
Rodríguez, M. L. (2003). Un análisis y una organización del contenido de la biología celular.	Organizar el contenido de biología celular mediante dos modelos teóricos: la Teoría de la Elaboración y la Teoría del Aprendizaje Significativo	Teoría de Elaboración y Teoría del Aprendizaje Significativo	Descripción de dos propuestas		Se concluye que ambos modos de abordar la organización de los temas son útiles como herramientas, dando pautas que promueven la reflexión sobre la naturaleza y el sentido del contenido biológico incorporado en el currículum.
Tanner, K. & Allen, D. (2002). Approaches to Cell Biology Teaching: A Primer on Standards.	Explorar las ideas asociadas con la enseñanza, incluyendo la noción de cambio conceptual	Cambio conceptual	Revision Documental		El descubrimiento de manera explícita y abordar concepciones previas y alternativas de los alumnos en la biología es esencial para que los estudiantes puedan integrar nuevas ideas en los actuales marcos conceptuales sobre cómo el mundo

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

	, el papel de las concepciones alternativas y las implicaciones de éstas ideas para los profesores de ciencias				natural funciona.  Es importante destacar que las ideas de cambio conceptual ya no son relevantes sólo en el ámbito teórico, sino que también tienen implicaciones prácticas para los profesores de la ciencia en todos los niveles, como en el diseño de aprendizaje experiencias de los estudiantes y las evaluaciones para medir el entendimiento estudiante.
Vargas, M. (2005). Herramientas de la pedagogía conceptual en el aprendizaje de la biología.	Mostrar la pertinencia de los cuadros sinópticos como herramientas para propiciar cambios conceptuales con respecto a la estructura y función celular	Cambio conceptual	Investigación cualitativa con estudio de caso	Estudiantes	Los mapas categoriales, bien elaborados, son herramientas útiles para procesos de alta exigencia cognitiva como el análisis. Y al igual que cualquier instrumento sirve, en este caso, para el cambio de concepciones erróneas en la medida que se lo utilice adecuadamente.
Legarralde, Vilches, Gorriz & Darrigran. (2007). Concepcion	Indagar acerca de las concepciones con respecto a	Constructivismo	Investigación cuantitativa	85 estudiantes que ingresan al profesorado de	Hay una tendencia a optar por esta carrera como alternativa de estudio superior después de haber transitado por otras

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

es sobre los seres vivos en los estudiantes que ingresan al profesorado de biología. Actas Jornadas Enseñanza e Investigación educativa ciencias exactas y naturales	los seres vivos y el perfil de los alumnos ingresantes al profesorado de Biología, en la Universidad Nacional de La Plata y dos Institutos de Formación Docente			biología	carreras.  Alumnos provenientes de contextos muy diversos, se encuentran con dificultades similares en el aprendizaje de los conceptos científicos.
Riemeier, T. & Gropengieser, H. (2008). On the roots of difficulties in learning about cell division: Process-based analysis of students' conceptual development in teaching experiments	Conocer las principales dificultades de los estudiantes con respecto a la célula y el impacto de las estrategias en el aprendizaje.	Constructivismo cambio conceptual	Investigación cualitativa	3 estudiantes del grado noveno con edad entre 15 y 16 años	El modelo de reconstrucción educativa es una buena alternativa para el desarrollo de actividades de aprendizaje de las ciencias y las concepciones de los estudiantes y su dominio.
Yaber, I., Ariza, D. &	Determinar la	Teoría sobre el	Enfoque empírico-	82 estudiante	No hay ninguna diferencia en el nivel de

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

<p>Muñiz, J. (2008). Los mapas conceptuales como estrategia didáctica para el aprendizaje de biología celular en estudiantes universitarios.</p>	<p>efectividad de los mapas conceptuales como estrategia didáctica para el aprendizaje de conceptos de biología en estudiantes de primer semestre de medicina.</p>	<p>aprendizaje de los conceptos  Teoría Asociacionista sobre la formación de los conceptos  Teoría constructivista sobre el aprendizaje de los conceptos  Gestalt</p>	<p>analítico</p>	<p>s del curso de biología celular</p>	<p>conocimiento y de aprendizaje de conceptos entre los estudiantes que utilizan mapas conceptuales y los que no los usan.  Cabe resaltar que el uso de mapas conceptuales favorece habilidades en los estudiantes como el uso de conceptos y la información.</p>
<p>Herrera, E. &amp; Sánchez, I. (2009). Unidad didáctica para abordar el concepto de célula desde la resolución de problemas por investigación.</p>	<p>Mostrar el proceso de elaboración y aplicación de una unidad didáctica</p>	<p>Aprendizaje Basado en Problemas</p>	<p>Descripción de una estrategia didáctica</p>	<p>Estudiantes de secundaria</p>	<p>En relación con la propuesta de aprendizaje bajo ABP para abordar los contenidos de "célula", se puede afirmar que se promovió favorablemente el aprendizaje de los conceptos en contextos reales.</p>
<p>Rivera, M.</p>	<p>Reconocer</p>	<p>Historia y</p>	<p>Metodología</p>	<p>Docentes y</p>	<p>Se presenta la fase</p>

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

<p>A. &amp; Adriana, E. (2010). Análisis de las prácticas pedagógicas en torno al proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de célula a partir de una mirada histórica y epistemológica como punto de partida para la elaboración de una propuesta de una unidad didáctica en el marco del II congreso Nacional de investigación en educación en ciencias y tecnología.</p>	<p>el estado en que se encuentra la enseñanza del concepto de célula y cómo esta tiene en cuenta el reconocimiento de las tensiones, paradigmas y cambios históricos que tuvo que atravesar dicho concepto, para su enseñanza</p>	<p>epistemología del concepto de célula  Cambio conceptual</p>	<p>a cualitativo, enfoque etnográfico</p>	<p>estudiantes de ciencias naturales del grado sexto de dos instituciones educativas</p>	<p>inicial de la investigación pero no se llegan a conclusiones.</p>
<p>De la Heras, M. &amp; Jiménez, R.</p>	<p>Analizar el proceso de enseñanza</p>	<p>Cambio conceptual</p>	<p>Investigación cualitativa.</p>	<p>Estudiantes de quinto de primaria</p>	<p>Se pudo evidenciar un cambio en las concepciones previas</p>

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

(2009). Análisis del proceso de enseñanza-aprendizaje del ser vivo en el aula de primaria. Enseñanza de las ciencias revista de investigación y experiencias didácticas.	- aprendizaje del ser vivo partiendo de las ideas previas de los alumnos.		Se aplica una unidad didáctica	de un colegio publico	sobre ser vivo después de la implementación de la propuesta
González-Weil, C. y Harms, U. (2012). Del árbol al cloroplasto: concepciones alternativas de estudiantes de 9º y 10º grado sobre los conceptos «ser vivo» y «célula».	Indagar las concepciones de estudiantes de educación secundaria chilenos sobre «célula», «ser vivo» y la relación entre ambos, antes y después de tratar el tema en el contexto escolar.	Constructivismo Cambio conceptual	Metodología cuantitativa	Estudiantes de educación secundaria chilenos	Los resultados muestran que, aún después de la enseñanza, muchos estudiantes son incapaces de vincular las características y funciones de los seres vivos con las características y funciones de las células, lo que dificulta la comprensión de la célula como la unidad estructural y funcional básica de la vida
Tapia, F. & Arteaga, Y.	Analizar el manejo de	Construcciones	Aplicación de una	Estudiantes de	Se evidenció que estas imágenes son

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

(2012). Selección y manejo de ilustraciones para la enseñanza de la célula: propuesta didáctica.	las ilustraciones como estrategia para la enseñanza de la célula en educación básica.	mentales	propuesta didáctica	educación básica	utilizadas, pero poco aprovechadas y/o usadas inapropiadamente.
---	---	----------	---------------------	------------------	---

Tabla 1. Revisión de referencias sobre diversas propuestas metodológicas para la enseñanza de la célula.

Después de analizar la revisión de Rodríguez (Rodríguez 1997, 2000), y contrastar con las referencias presentadas en la tabla anterior, se refleja claramente que se hace importante el análisis de las estrategias de enseñanza de conceptos científicos relacionados con la célula, ya que éstos están siendo reducidos en las prácticas pedagógicas a la presentación de una serie de datos o hechos, distanciados de un enfoque que permita y facilite establecer relaciones entre los conceptos biológicos que favorezcan la comprensión de los procesos celulares.

En la información adquirida a partir de la revisión de la literatura en esta categoría, se pudo percibir que se ha hecho un esfuerzo por superar las dificultades de la enseñanza del concepto de célula y particularmente del ciclo celular enunciadas por Rodríguez, al abordar esta temática desde varios enfoques metodológicos, como por ejemplo mapas conceptuales (Yaber, Ariza & Muñiz, 2008), desde el aprendizaje basado en problemas (Herrera & Sánchez, 2009; Ayuso & Banet, 2002), los cuadros sinópticos (Vargas, 2005) y el trabajo práctico de laboratorio (Barbera & Valdez 1996); pero es necesario que los docentes nos planteemos la selección de los contenidos de enseñanza de manera más crítica y fundamentada, con criterios que apunten hacia la calidad de los aprendizajes más que a su

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

cantidad, y que consideren su utilidad formativa para los estudiantes de ciencias naturales en la medida que los puedan utilizar en un contexto científico o escolar.

- *Enseñanza de la célula desde la perspectiva de los modelos mentales*

Teniendo en cuenta que los modelos mentales son un referente teórico de carácter cognitivo relativamente reciente, y que el campo de estudio de la enseñanza de la biología celular bajo este referente cognitivo ha sido poco abordado, esta categoría de revisión de literatura tuvo en consideración otras investigaciones que se enfocan en el uso de modelos mentales para la enseñanza de las ciencias, y que consideramos sumamente relevantes para llevar a cabo una reflexión en este ámbito. En la tabla 2 se muestran los trabajos revisados en esta categoría.

<b>Autores, año y título del trabajo</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Marco teórico</b>	<b>Metodología de investigación</b>	<b>Población</b>	<b>Conclusiones</b>
Rodríguez, M. L. & Moreira, M. A. (1999). Modelos mentales de la estructura y funcionamiento de la célula: estudio de caso.	Analizar las representaciones construidas por dos estudiantes a partir de la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird	La Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird.	Investigación cualitativa con estudio de caso	2 estudiantes pertenecientes al curso de orientación universitaria previo a la universidad	La investigación indica que los modelos mentales de los estudiantes se han enriquecido además de evolucionar y es por tanto que se muestra en cierta medida la validez de la

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

					Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird.
Siguenza, A. (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética.	Analizar las representaciones de los conocimientos y los problemas, junto con el proceso de inferencia utilizado por los estudiantes para resolver problemas	Teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird	Metodología no experimental de diseño empirico-analitico	6 estudiantes de primero de bachillerato	Los métodos de enseñanza deben abrir espacios donde se permita a los estudiantes resolver problemas
Concari, S. (2001). Las teorías y los modelos de explicación científica: implicaciones para la enseñanza de las ciencias.	Abordar el problema de la explicación científica analizando distintas posiciones epistemológicas y las implicaciones en la enseñanza de las ciencias	El problema de la explicación desde las epistemologías de Toulmin, Kunh y Popper	Reflexión teórica		Como hemos tratado de poner de manifiesto, la explicación y su comprensión por parte de los estudiantes puede mejorarse a través del empleo de modelos adecuados. Proponemos como criterios de selección de

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

					los modelos que se utilizan para la enseñanza, aquellos que tengan mayor capacidad de generalización, mayor capacidad para resolver problemas de interés, mayor parsimonia y que al mismo tiempo ofrezcan la mayor significatividad potencial para el estudiante.
Rodríguez, M. L., Marrero, J. & Moreira, M. A. (2001). La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos	Analizar los Modelos Mentales contruidos por estudiantes acerca de la célula.  Identificar y tipificar los modelos	La Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird	Investigación cualitativa	36 estudiante s entre los 17 y los 18 años del curso de orientación universitari a	Los principios de la teoría de Johnson-Laird aplicados permiten delimitar los criterios que faciliten la interpretación de lo que

mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria.	mentales de célula de los estudiantes				son los modelos mentales.
Galagovsky, L. & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico.	Examinar los modelos científicos desde una perspectiva representacional y lingüística	No explícito	No explícito		La didáctica de las ciencias y su papel frente a la construcción de modelos que acerquen a los estudiantes a la ciencia es el de crear interacciones sociales que faciliten el aprendizaje y la conciencia del conocimiento o aprendizaje.
Moreira, M. A., Greca, I. & Rodríguez, M. L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la	Reflexión acerca de la enseñanza y aprendizaje de modelos mentales y la relación con los modelos conceptuales	Modelos mentales de Johnson Laird en relación con el aprendizaje significativo, la			La teoría de los modelos mentales por su relación con los modelos conceptuales de las ciencias,

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

enseñanza y aprendizaje de las ciencias.	con respecto a las ciencias naturales.	resolución de problemas y las prácticas de laboratorio			puede ofrecer una oportunidad de acercamiento o entre la investigación y el desarrollo curricular e instruccional en la enseñanza de las ciencias
Rodríguez, M. L., & Moreira, M. A. (2002). Una aproximación cognitiva al aprendizaje del concepto de célula: un estudio de caso.	Analizar las concepciones y pensamientos de los estudiantes acerca del concepto de célula	La Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird y la Teoría de los Campos Conceptuales de Veranad	Metodología cualitativa con estudio de caso	1 estudiante entre 17 y 18 años del curso de orientación universitaria previo a la universidad	Es importante la articulación de la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird y la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud debido a que ayuda a comprender de mejor manera los procesos cognitivos que llevan a cabo los estudiantes a la hora de

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

					aprender.
Rodríguez, M. L. (2003). La célula vista por el alumnado.	Analizar los dibujos realizados por estudiantes con el fin de observar los modelos mentales construidos en comparación con lo que se plasma en el libro de texto	Teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird	Investigación cualitativa	36 estudiantes entre los 17 y los 18 años del curso de orientación universitaria	Es necesario analizar los dibujos y esquemas que se aportan en la enseñanza debido a que los de los libros y otros materiales no facilitan la adquisición de la célula como una entidad dinámica.
Gallarreta, S., & Graciela, M. (2005). La modelización en la enseñanza de la biología del desarrollo.	Describir la utilización de estrategias para trabajar en el aula con la temática de la biología empleando modelos explicativos y descriptivos.	Modelización	Investigación cualitativa	Estudiantes de Biología del Desarrollo Animal, del cuarto y último año del profesorado en ciencias naturales	El uso extensivo de modelos en la enseñanza de las ciencias de manera pasiva (sin analizar su papel, naturaleza simbólica, limitaciones y fortalezas), conduce al estudiante a la

					percepción de los modelos como meras descripciones y a una comprensión ingenua del papel de los modelos en ciencias.
Gutierrez, R. (2005). Polisemia actual del concepto "modelo mental" consecuencias para la investigación didáctica.	Analizar la literatura del último decenio de la utilización del concepto de "modelo mental"	Teoría de los esquemas, de Schank y Abelson  Modelos mentales de Johnson Laird	Análisis documental		La polisemia actúa como obstáculo en la actividad docente debido a que impide la comprensión del pensamiento espontáneo de los estudiantes
Solaz-Portolés, J. & Sanjosé Lopez, V. (2008). Conocimiento previo, modelos mentales, resolución de problemas. Un estudio con alumnos de	poner a prueba la teoría de modelos mentales y analizar el papel que desempeña el conocimiento previo en la construcción y funcionamiento	Modelos mentales de Johnson Laird	Investigación cuantitativa	85 estudiantes de primero de bachillerato (16 años), pertenecientes a un centro público de educación secundaria	El profesorado debe concebir importante el conocimiento previo del alumnado como punto de partida en su diseño

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

bachillerato.	o de estos modelos			de la comarca del Camp de Túria, en Valencia, España	instruccional . Ya que una vez conocidas las deficiencias, se debería actuar para proporcionar el mismo nivel de conocimiento a todos los alumnos, antes de iniciar el desarrollo de una unidad didáctica.
Yorek, N., Sahin, M., & Ugulo, I. (2010). Students' representations of the cell concept from 6 to 11 grades: Persistence of the "fried-egg model".	Mostrar el nivel de comprensión de los estudiantes a partir de las representaciones acerca de la célula.	Imágenes y Representaciones  Modelos Mentales	Investigación cualitativa	193 estudiantes entre los 11 y 17 años de sexto, noveno y once.	Los estudiantes se refieren principalmente a las células animales ya que las dibujan en mayor proporción, además presentan cierta confusión con la ubicación de las organelas y mezclan y

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

					confunden lo que es membrana celular y pared.
Richmond, G., Merritt, Urban-Lurain, B. M. & Parker, J. (2010). "The development of a conceptual framework and tools to assess undergraduate s' principled use of models in cellular biology"	Describir el desarrollo de un nuevo marco de evaluación y de una herramienta para el entendimiento de los conceptos científicos, que, a diferencia de los marcos e instrumentos existentes, está basado en el papel fundamental que desempeñan los modelos en la ciencia.	Modelación en ciencias	Investigación cuantitativa		Después de un trabajo de 5 años los estudiantes son cada vez más capaces de describir y manipular modelos de los procesos y sistemas que se estudian en el curso. Sin embargo, su capacidad de aplicar estos modelos en nuevos contextos no mejoró.
Rodríguez, M. L. (s.f.). Célula: reconstrucción de un concepto científico en el alumnado.	Mostrar ciertas características o rasgos de la construcción y evolución de los modelos mentales acerca del concepto de	Teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird	Investigación cualitativa	4 estudiantes entre los 17 y 18 años del Curso de orientación universitaria	Se concluye que cuando los estudiantes tienen formas de pensar diferentes, la evolución de los

	célula				modelos con respecto a la célula es diferente también para cada uno. Las diferentes formas de exteriorización del concepto evidencian el carácter idiosincrático o de las representaciones como entidades mentales.
Rodríguez, M. L., & Moreira, M. A. (s.f.). La célula cinco años después.	Comparar los modelos mentales de los estudiantes pertenecientes al Curso de orientación Universitaria con los que poseen cinco años después.	Teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird	Metodología cualitativa	4 estudiantes que eran pertenecientes a un curso de orientación universitaria.	Se comprueba que los modelos mentales construidos anteriormente por los estudiantes tienen cierta perdurabilidad.

Tabla 2. Referencias sobre la enseñanza de la célula desde la perspectiva de los modelos mentales.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

En esta categoría, encontramos que el autor que más contribuciones realiza en el campo de los modelos mentales y su aplicación en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la biología celular es Rodríguez; sus aportes se enfocan hacia la necesidad de analizar y reflexionar acerca de los modelos mentales exteriorizados por los estudiantes de manera que estos sean utilizados como herramientas que faciliten el aprendizaje y no meras representaciones de la célula; de igual manera sus estudios corroboran lo idiosincráticos que son estos modelos mentales, al evidenciar que la creación y evolución de estas representaciones son diferentes en cada estudiante. Rodríguez plantea que el uso de la teoría de los modelos mentales facilita la interpretación de las representaciones hechas por los estudiantes, aportando de esta manera una herramienta que permite valorar el aprendizaje de los estudiantes luego de presentarles contenidos conceptuales.

En esta categoría también se detectó la importancia que juegan los modelos conceptuales que se presentan a los alumnos, estos modelos conceptuales deben ser bien elegidos por los docentes, en el caso de la célula, la mayoría de representaciones científicas que se presentan en los libros y otros materiales muestran la célula como una entidad estática sin movimiento alguno; esta revisión de los materiales asociada a la teoría de los modelos mentales puede ayudar a comprender de mejor manera los procesos cognitivos que llevan a cabo los estudiantes a la hora de aprender, teniendo en cuenta siempre el conocimiento previo del estudiante.

En un estudio realizado por Concari (2001), se puede deducir que los modelos mentales y su estudio pueden ser fundamentales para el aprendizaje:

“Como hemos tratado de poner de manifiesto, la explicación y su comprensión por parte de los estudiantes pueden mejorarse a través del empleo de modelos



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

adecuados. Proponemos como criterios de selección de los modelos que se utilizan para la enseñanza, aquellos que tengan mayor capacidad de generalización, mayor capacidad para resolver problemas de interés, mayor parsimonia y que al mismo tiempo ofrezcan la mayor significatividad potencial para el estudiante” (p. 93).

Esta investigación se enfoca en los modelos mentales por conclusiones como las dadas por Moreira, Greca & Rodríguez (2002):

“La teoría de los modelos mentales por su relación con los modelos conceptuales de las ciencias, puede ofrecer una oportunidad de acercamiento entre la investigación y el desarrollo curricular e instruccional en la enseñanza de las ciencias” (p. 19).

Rodríguez (2002, 2003) deja claro que es importante la articulación de la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird y la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud debido a que ayuda a comprender de mejor manera los procesos cognitivos que llevan a cabo los estudiantes a la hora de aprender y que es necesario analizar los dibujos y esquemas que se aportan en la enseñanza debido a que los de los libros y otros materiales no facilitan la adquisición de la célula como una entidad dinámica.

Esta revisión de literatura justifica la necesidad de dirigir el estudio de las representaciones que los estudiantes tienen y construyen relacionadas con el proceso de ciclo celular, así como la forma en la que esos modelos mentales evolucionan, como requisito indispensable para entender el funcionamiento de los seres vivos.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

- *Uso de TIC (simulación y animación) para la enseñanza de la biología celular*

Dado que fueron pocos los trabajos encontrados que hicieran referencia a la biología celular y exactamente al proceso de ciclo celular, ampliamos la búsqueda a diversos estudios que contemplaran el uso de TIC en la enseñanza de distintos elementos o procesos celulares y de otras disciplinas como la genética. Además indagamos en algunos estudios sobre cómo ha sido la integración de las TIC a la enseñanza de la ciencias, tratando de esclarecer el panorama de la utilización de estas herramientas tecnológicas en este campo del conocimiento. Los trabajos que consideramos relevantes por la información aportada para esta investigación, se presentan en la tabla 3.

<b>Referencia</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Marco teórico</b>	<b>Metodología de investigación</b>	<b>Población</b>	<b>Conclusiones</b>
Pontes, & Alfonso. (1999). Utilización del ordenador en la enseñanza de las ciencias.	Revisar la utilización de ordenadores en las clases de ciencias y las dificultades encontradas para dar ciertas recomendaciones				Los planteamientos pedagógicos del aprendizaje reflexivo pueden aplicarse no sólo en tareas de diseño de <i>software</i> sino que pueden tenerse en cuenta a la hora de utilizar programas educativos que ya existe. El diseño de estas actividades requiere que el maestro conozca muy bien los programas y una reflexión didáctica sobre los objetivos de

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

					enseñanza.
Bradley, S. (2004). Use of Animation in Teaching Cell Biology.	Hacer una revisión y evaluación de la importancia del uso de las animaciones como potenciales ayudas en el aprendizaje de la biología celular.			58 estudiantes de química	El uso de animaciones permite un mayor entendimiento de las ideas, más que las lecturas con imágenes estáticas. Esto puede mejorar la enseñanza de la biología celular
Carnoy, M. (2004). Las TIC en la enseñanza: posibilidades y retos.	Reflexionar acerca del papel de las TIC en el ámbito educativo		Reflexión teórica		Es necesario una política que ponga mayor énfasis en acercar a los maestros y administradores educativos a la era de la información mediante la formación en informática y más bases de datos fáciles de usar, que estén concebidas en función de las necesidades de los profesores, y que los ayuden en su tarea educativa
Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación	Analizar las TIC abordando las posibles funciones en la educación y los tipos		Reflexión teórica		Es importante resaltar que estos recursos didácticos ofrecen mayores posibilidades desde el punto de vista de la comunicación interactiva, el tratamiento de imágenes, la simulación de fenómenos

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

en la educación científica. Primera parte: aspectos metodológicos.	de recursos que se pueden utilizar los profesores de ciencias naturales				o experimentos, la construcción de modelos y analogías, la resolución de problemas, el acceso a la información, el manejo de todo tipo de datos y el diseño de materiales didácticos o de cursos completos adaptados a las necesidades y características de diferentes tipos de alumnos.
Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y la comunicación en la educación científica. Segunda parte: aspectos metodológicos.	Analizar de las formas posibles de uso de las TIC y formular una propuesta para promover el Aprendizaje reflexivo y Aprendizaje Significativo	Teorías del Aprendizaje Significativo y Reflexivo	Investigación cualitativa	Estudiantes de Física	Para conseguir que el alumno desempeñe un papel activo en la utilización de las TIC, además de ir mejorando la calidad del <i>software</i> educativo, es necesario un cambio metodológico que favorezca la reflexión y la interacción de los alumnos, de donde se deduce que la formación del profesorado es fundamental para poder sacar partido a estas nuevas herramientas, porque la metodología de trabajo a seguir en el proceso educativo es una responsabilidad del profesorado.
Mclean, p., Johnson, C., Rogers, R., Daniels, L., Reber, J., Slator, B., y	Mostrar el impacto del desarrollo de un programa				La animación parece ser una tecnología importante diseñada para apoyar la educación. Se ha demostrado que los resultados de las pruebas

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

otros. (2005). Molecular and Cellular Biology Animations: Development and Impact on Student Learning.	de animación en el aprendizaje de la biología celular				del contenido se pueden mejorar mediante el uso de animaciones. Con más investigación, se puede identificar mejor las necesidades específicas y prácticas de recursos en el que animaciones mejoren los procesos de aprendizaje.
O Day, D. (2006). Animated Cell Biology: A Quick and Easy Method for Making Effective, High-Quality teaching animations.	Mostrar la secuencia de la construcción de animaciones en torno a la célula por medio de los programas Power Point y Camtasia, y las evaluaciones de los estudiantes acerca de dicha animación		Investigación cualitativa	Estudiantes de tercer grado.	Las animaciones aportan grandes posibilidades en la dinámica de aprendizaje de los estudiantes más aun cuando se construyen por el propio profesor quien conoce las necesidades del medio.
García, A., & Gil, M. R. (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones	Reflexionar en torno a la importancia para la enseñanza de la física de la	Paradigma constructivista  Resolución de problemas	Reflexión teórica		En torno a lo didáctico el uso de simulaciones favorece el campo cualitativo en la física ya que permite la comprensión de los conceptos mediante la indagación de los estudiantes.

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

informáticas.	implementación de simulaciones interactivas, bajo un paradigma constructivista				
Minog, J., Jones, G., Broadwell, Bethany, & Oppewal, T. (2006). Exploring from inside out	Describir cómo los programas de computador sirven para aumentar la comprensión en los estudiantes en torno a la biología celular.		Investigación cualitativa	Estudiantes de escuela media	Estas herramientas permiten ambientes de aprendizaje más atractivos y enriquecedores que permiten a los estudiantes crear un concepto de célula más completo.
López, M., & Morcillo, J. (2007). Las TIC en la enseñanza de la biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales.	Mostrar algunos ejemplos de laboratorios virtuales para abrir nuevas posibilidades de enseñanza		Reflexión teórica		Los laboratorios virtuales son recursos buenos para superar ciertas limitaciones que pueden presentarse en las actividades prácticas ya que propicia nuevos enfoques.
Liu, D. (2007). Seeing Cells	Describir algunos		Revisión de sitios		Novedosas y completas páginas web con

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

on the Web.	sitios web que pueden servir para responder algunas cuestiones importantes en torno a la célula		web		recursos para el aprendizaje de conceptos relacionados con células, sitios en inglés.
Fernández, M., Herreras, M., Asencio, M., & Gregori, X. (2007). Experiencia del uso de las TIC en el aula de biología y geología de 3 ESO.	Incrementar el interés de los estudiantes por la temática de estudio mediante el uso de TIC			Estudiantes de 3º de la ESO	El uso de las TIC en el aula amerita de un arduo trabajo en grupo por parte de los maestros.  Los materiales didácticos diseñados pueden ser adaptados a las necesidades de cada maestro.  Son necesarias más investigaciones en torno al uso de las TIC.
Casas, M. E., García, P., & Sanmarti, N. (2008). L'ús d'animacions-TIC a la classe de biología.	Analizar una investigación desde el punto de vista de las características de las animaciones que más		Reflexión teórica		Las animaciones son un recurso potencial que los profesores de ciencias no pueden ignorar tanto por su idoneidad en mostrar "procesos científicos", como por la cantidad que se puede encontrar libremente en la web y especialmente, por la motivación que ejercen en buena parte del alumnado.

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

	pueden favorecer el aprendizaje y el uso que le da el alumnado				
Area, M. (2010). El proceso de integración y uso pedagógico de las TIC en los centros educativos.	Analizar el proceso de integración de las TIC en las prácticas de enseñanza y aprendizaje de centros de educación infantil, primaria y secundaria		Investigación cualitativa de tipo etnográfico	Tres centros educativos de Educación Infantil y Primaria y un centro educativo de Educación Secundaria	Se concluye que los tres procesos de integración con respecto al proyecto medusa son similares y el ordenador se toma como un anexo y no es determinante en un replanteamiento didáctico o en la revisión de objetivos.
De Abreu Carlan, F., Nunes, M., & Silva, E. (2010). Aplicação de uma webquest associada a atividades e a avaliação de seus efeitos na motivação no ensino de	Investigar el comportamiento, rendimiento y aceptación de los Estudiantes con respecto a las TIC.		Investigación cualitativa	33 estudiantes de colegio con edades entre los 16 y 18 años.	La mayor motivación se presentó en las estudiantes. Por otra parte todos los estudiantes mejoraron los conocimientos modificándolos y enriqueciéndolos.

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

Biología.					
Alvares, S., Cuellar, C., Belén, L., Cristina, A., & Anguiano. (2011). Las actitudes de los profesores ante la integración de las TIC en la práctica docente. Estudio de un grupo.	Mostrar las actitudes de los profesores de la Facultad de Traducción e Interpretación de la Universidad de Valladolid frente a la integración de las TIC.	Concepto de Actitudes desde Skehan	Investigación cuantitativa	25 profesores de la Facultad de Traducción e Interpretación de la Universidad de Valladolid	La integración de las TIC en el mundo educativo no solo depende de su calidad técnica y de sus posibilidades pedagógicas, sino también del enfoque y de la metodología docente de la que formen parte. Por este motivo, los conocimientos, percepciones y actitudes que tengan los profesores con respecto a los medios se convertirán en factores determinantes a la hora de integrarlos en los procesos formativos. Los resultados de los cuestionarios muestran una actitud general positiva ante la integración de las TIC a sus clases.

Tabla 3. Artículos que tienen como eje el uso de TICs en la enseñanza de la biología.

Recogiendo la información encontrada, nos damos cuenta que en la actualidad la posibilidad de implementar las TIC surge como una alternativa viable para la enseñanza del ciclo celular, porque busca facilitar la integración de conceptos y visualización de los fenómenos imperceptibles de la biología celular. En nuestro nuevo contexto social las TIC pueden generar mayor motivación a los estudiantes de ciencias, elemento fundamental para el aprendizaje, mejorar sus conocimientos modificándolos y enriqueciéndolos (De Abreu Carlan, Nunes & Silva 2010). Según

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Pontes (2005) es importante resaltar que estos recursos didácticos ofrecen mayores posibilidades desde el punto de vista de la comunicación interactiva, el tratamiento de imágenes, la simulación de fenómenos o experimentos, la construcción de modelos y analogías, la resolución de problemas, el acceso a la información, el manejo de todo tipo de datos y el diseño de materiales didácticos o de cursos completos adaptados a las necesidades y características de diferentes tipos de alumnos. Pero para conseguir que el alumno desempeñe un papel activo en la utilización de las TIC, además de ir mejorando la calidad del *software* educativo, es necesario un cambio metodológico que favorezca la reflexión de los alumnos al interactuar con estas herramientas; de donde se deduce que la formación del profesorado es fundamental para poder sacar partido a las mismas. Por parte del alumno, Valcárcel y González (2007) acotan que es importante que los estudiantes aprendan a manejar y usar las TIC, ya que de lo contrario no podrán disfrutar de sus ventajas.

Una de las herramientas tecnológicas que ha aportado de manera importante a la enseñanza de la biología de la célula es la animación, varios estudios muestran resultados satisfactorios al usarla en el aula de clase. Un estudio hecho por Bradley (2004), demostró que el uso de animaciones permite un mayor entendimiento de las ideas, más que las lecturas con imágenes estáticas. Esto puede mejorar la enseñanza de la biología celular. Mclean, Johnson, Rogers, Daniels, Reber, Slator, Terpstra & White (2005) concluyeron que la animación parece ser una herramienta tecnológica importante diseñada para apoyar la educación; demostrando que los resultados de las pruebas de contenido se pueden mejorar mediante el uso de animaciones. Proponen que con más investigación, se pueden identificar mejor las necesidades específicas y prácticas de recursos en el que animaciones mejoren los procesos de aprendizaje. De igual manera Casas, García, & Sanmartí (2008) reconocen en las animaciones un

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

recurso potencial que los profesores de ciencias no pueden ignorar tanto por su idoneidad en mostrar "procesos científicos", como por la cantidad que se puede encontrar libremente en la web y especialmente, por la motivación que ejercen en buena parte del alumnado.

Una evidencia muy puntual de esta idoneidad es el trabajo de O'Day (2006), donde se demuestra, cómo la construcción de animaciones en torno a la célula por medio de programas sencillos como *Power Point* y *Camtasia* aporta posibilidades en la dinámica de aprendizaje de los estudiantes, preferiblemente cuando las animaciones son construidas por el propio profesor, quien conoce no solo las necesidades del medio, sino también las fortalezas y debilidades de sus estudiantes.

Como se pudo observar en la revisión de literatura, muchos de los esfuerzos están enfocados en el desarrollo de *software* y su incorporación en el aula, pero poco se ha hecho en cuanto a analizar el cambio que se va produciendo en las ideas previas de los estudiantes a medida que se van implementando las actividades propuestas con las TIC.

Así pues, teniendo en cuenta la revisión de literatura sobre el objeto de estudio y la experiencia personal, surge la idea de proponer una nueva estrategia metodológica que le proporcione al estudiante los elementos necesarios para comprender los complejos procesos que se dan en el ciclo celular, facilitando el proceso de enseñanza y de aprendizaje y fortaleciendo la significatividad a través de la implementación de estrategias didácticas que despierten el interés en el estudiante y lo motiven a seguir indagando acerca de los procesos que se dan a nivel celular.



## **FACULTAD DE EDUCACIÓN**

### **Departamento de Educación Avanzada**

La relevancia que ha tomado en el último tiempo el trabajo con modelos para procesos de enseñanza y aprendizaje y la posibilidad de engranar este campo al trabajo con tecnología en el aula, sugiere elegir una posición crítica al respecto, apoyada en unos referentes pedagógicos y didácticos que posibilitan el abordaje de estas temáticas en el proceso educativo; y en nuestro caso estos referentes están dados por la Teoría de los Modelos Mentales de Philip Johnson-Laird y las *Mindtools* de David Jonassen, y son presentados en el siguiente capítulo.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

## CAPÍTULO 5.

### MARCO TEÓRICO

En este apartado se hace una presentación sobre cada uno de los referentes teóricos que fundamentan la propuesta didáctica: Los modelos mentales de Philip Johnson-Laird como teoría para acercarse al entendimiento de la cognición y la construcción de representaciones del mundo y las *Mindtools* de David Jonassen como un referente apropiado para utilizar las TIC como herramientas cognitivas. Además, se hacen algunos comentarios acerca de la normativa e importancia del uso de las TIC en la educación, particularmente en las ciencias naturales; y por último se presentan algunos elementos teóricos sobre las principales características del modelo conceptual de ciclo celular.

### 5.1 Aproximaciones pedagógico-didácticas.

#### 5.1.1 Los modelos mentales desde la perspectiva de Johnson-Laird.

Desde los años 70 con los estudios de Ausubel, los conocimientos previos de los estudiantes en los procesos de enseñanza y aprendizaje han sido identificados como un requisito indispensable para que el aprendizaje sea significativo. En concordancia con las ideas del constructivismo, las preconcepciones, ideas previas, etc., deben tenerse siempre en cuenta en la evolución del aprendizaje; además, estas concepciones previas tienen una serie de características, de atributos que deben ser tenidos en consideración en los procesos de enseñanza y aprendizaje y que tienen relación con su carácter autónomo, implícito, funcional, coherente; que no son tan fáciles de identificar y describir y que tampoco son fáciles de explicar y de modificar. Se trata de formas con las que el individuo interactúa con la realidad. Se deben considerar esas ideas como “representaciones”, dándole un carácter más cognitivo a “aquello que el alumno ya

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

sabe”. De acuerdo con Moreira (2002, p. 3) “una representación es cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que representa alguna cosa que es típicamente algún aspecto del mundo exterior o de nuestro mundo interior (o sea, de nuestra imaginación) en su ausencia”. Cuando percibimos el mundo, la visión que obtenemos es un modelo mental de lo que son las cosas que tenemos en frente. Así mismo, cuando comprendemos una descripción del mundo, se puede construir mentalmente una imagen similar, aunque menos rica; esa representación es un modelo mental del mundo basado en el significado de la descripción y de sus conocimientos.

Y desde esta perspectiva, en el presente trabajo se justifica la necesidad de abordar el estudio de las representaciones que el alumnado tiene y construye en relación con el ciclo celular, así como la forma en la que esos modos de representación evolucionan como requisito indispensable para entender el funcionamiento de los seres vivos.

Según la visión de Johnson-Laird, las personas construyen modelos mentales, análogos estructurales del mundo frente a una determinada situación, modelos que son elegidos para interpretarla; así como las relaciones percibidas o imaginadas entre el objeto y el sujeto establecen una representación interna que opera como sustituto de esa situación (Johnson-Laird, 1983). Estas construcciones pueden permitir comprender e interpretar los fenómenos que ocurren en la vida cotidiana, y a partir esto actuar y tomar decisiones acertadas. La base fundamental para el proceso de modelización; entendiendo modelización como aquella capacidad cognitiva de los sujetos que les permite representar y manipular un fenómeno de acuerdo a sus intenciones, con una estructura definida y con fines predictivos (García, 2011), es la percepción y la funcionalidad que tienen estas representaciones para el sujeto que lo construye; por lo tanto, los

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

modelos mentales con los que las personas representan el mundo, deben ser eficaces para cada uno; en caso que no lo sean, lo más probable es que modifique el modelo por uno que sí sea funcional.

Los modelos mentales son representaciones que los sujetos construyen, idiosincrásicamente, para representar el mundo que los rodea. Éstos no necesitan ser perfectos o técnicamente precisos, pero deben ser funcionales. Ellos evolucionan constantemente al obtener y reducir nueva información según su relevancia. La Teoría de Johnson-Laird plantea la idea de un mecanismo básico mediante el cual se ejecuta el modelo: la llamada “revisión recursiva”, característica que le asigna su carácter previsible. Los sujetos continuamente modifican su modelo mental, revisando recursivamente esa construcción, hasta alcanzar una funcionalidad que le satisfaga; desde esta idea tendremos la referencia para evaluar la evolución conceptual. Claramente, los modelos mentales de un individuo son limitados por factores tales como su experiencia previa, su conocimiento sobre el tema y la exposición a nueva información.

Los modelos mentales son modelos de trabajo a los cuales los individuos recurren para explicar y predecir, cuando se encuentran ante situaciones que deben afrontar. Estos modelos son idiosincráticos, y teniendo en cuenta que existen tantas lógicas diferentes como individuos y cualquiera de ellas puede ser formulada de distintas maneras, es preciso saber cuál es la que cada ser humano tiene internalizada, y una idea sobre estas lógicas la brindan los modelos que externaliza cada individuo. Por tal razón, los modelos mentales juegan un papel central en la representación de objetos, situaciones, eventos del mundo y las acciones sociales o psicológicas que ocurren en la cotidianidad. Estos modelos también son el modo por el cual las personas realizan inferencias y predicciones, para entender los fenómenos, o decidir qué acciones tomar y de qué manera

ejecutarlas; dado que la característica esencial de todo modelo mental es su rol funcional.

Norman (1983) citado por Moreira (1999) sugiere que los modelos mentales son representaciones internas cuyo compromiso básico es la funcionalidad para el sujeto, o sea, éstos deben permitir explicar y predecir aunque no necesariamente en forma correcta desde el punto de vista científico. Los modelos mentales tienen las siguientes características generales:

1. Los modelos mentales son incompletos.
2. La habilidad de las personas para “ejecutar” (“rodar”) sus modelos es muy limitada.
3. Los modelos mentales son inestables: las personas olvidan detalles del sistema modelado, en particular cuando esos detalles (o todo el sistema) no es utilizado por un cierto período de tiempo.
4. Los modelos mentales no tienen fronteras bien definidas. Dispositivos y operaciones similares son confundidos unos con otros.
5. Los modelos mentales son “no-científicos”, reflejan las “supersticiones” y creencias de las personas sobre el sistema físico.
6. Los modelos mentales son parsimoniosos: frecuentemente las personas optan por operaciones físicas adicionales en vez de una planificación mental que evitaría dichas operaciones; las personas prefieren gastar más energía física a favor de menor complejidad mental.

En lo que se refiere a ese conocimiento llamado científico, la Teoría de los modelos mentales propone la aparición de unas construcciones cognitivas llamadas “modelos conceptuales”, “estos son los modelos inventados, diseñados, por investigadores, ingenieros, arquitectos, profesores para facilitar la comprensión o enseñanza de sistemas físicos, o estados de cosas físicos, objetos

o fenómenos físicos y son proyectados como herramientas para el entendimiento y/o para la enseñanza de sistemas físicos” (Norman, en Gentner & Stevens, 1983, p. 7). Son representaciones simplificadas e idealizadas de objetos, fenómenos o situaciones reales, pero son precisos, completos y consistentes con el conocimiento científicamente aceptado (Greca & Moreira, 1997). Para Jhonson-Laird la mente humana funciona basándose en modelos mentales, pero con ellos puede generar, enseñar y aprender modelos conceptuales. La idea básica es que el modelo conceptual es un instrumento de enseñanza pero el instrumento de aprendizaje es el modelo mental. Naturalmente, el modelo mental puede ser muy semejante al modelo conceptual, aunque no necesariamente, pues la función del modelo mental es sólo la de permitir a su constructor dar significado al modelo conceptual que se le enseña y, por ende, al sistema físico modelado.

Si los modelos iniciales de los estudiantes son básicamente útiles, su modificación, entendida como sustitución total de una concepción por otra, no será sencilla. La evolución de esos modelos entonces, deberá entenderse como los procesos de enriquecimiento de los modelos anteriores a partir de nueva información disponible y dicha evolución conceptual deberá tener como referente el modelo conceptual.

Se plantea ahora que la enseñanza de las ciencias debe incrementar en los estudiantes su capacidad de construir modelos mentales científicamente válidos y resolver situaciones problemáticas recurriendo a ellos. De este modo, el propósito al que apuntaba nuestra intervención en el aula de clase, era que al final de ésta los estudiantes pudieran ser capaces de construir una representación mental del concepto de ciclo celular, y no como una simple suma de elementos celulares sin relación alguna y estáticos (como generalmente sucede al hablar de célula), sino como una representación que sea lo más cercana posible al mundo

científicamente aceptado; es decir, al modelo conceptual de ciclo celular, que permita la explicación y la predicción en términos científicos de este proceso fundamental en la estructuración de los seres vivos.

### 5.1.2 Las TIC como herramientas cognitivas.

Desde la postura de Jonassen, surge la propuesta de emplear las denominadas herramientas mentales (*Mindtools*) como una estrategia creativa, precisamente para potenciar el pensamiento creativo en los estudiantes. Las *Mindtools* se entienden como los usos del computador a modo de herramienta cognitiva que facilita la organización de conocimientos, que involucra al estudiante en la representación y manipulación de los mismos. Son aplicaciones informáticas que, cuando son utilizadas por los estudiantes para representar lo que saben, necesariamente se generan en ellos pensamientos críticos alrededor de lo que están estudiando (Jonassen & Reeves, 1996).

Este autor cuestiona que la “interacción” entre el estudiante y el computador se limite a presionar botones para instruirse. Por el contrario, deberíamos concebir al computador y en general las TIC como herramientas para la construcción del conocimiento y para que “los estudiantes aprendan con ellas y no de ellas”, las tecnologías deben permitir interpretar y organizar el conocimiento personal, apoyar la representación de lo que se sabe, involucrar el pensamiento crítico acerca del contenido que se está estudiando y permitir la comunicación y colaboración (Jonassen, 2000 en Esteban, 2003).

El empleo de las TIC como herramientas de la mente implica que cuando son utilizadas por los estudiantes para representar lo que saben, necesariamente ellos

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

involucren su pensamiento crítico acerca del contenido que están estudiando, estas tecnologías no pueden quedarse sólo en el nivel de “herramientas de enseñanza eficaces”, únicamente como artefactos o dispositivos que ayudan a los estudiantes a adquirir y practicar contenidos de manera más eficiente; deben propender por transformar el entorno de enseñanza-aprendizaje en su conjunto, buscando orientación hacia la construcción significativa de conceptos y generación de conocimiento.

Se eligió este referente teórico dado que nos ofrece otra visión sobre el uso de tecnología en el aula, y nos plantea razones que justifican el uso de estas herramientas cognitivas en nuestra propuesta de investigación, razones tanto educativas como prácticas.

Dentro de las razones educativas Jonassen plantea que las *Mindtools* ayudan al pensamiento significativo, ejecutando ellas las operaciones de bajo nivel, posibilitando en los estudiantes mayor responsabilidad cognitiva para generar y evaluar hipótesis en la resolución de situaciones problemáticas significativas.

Otra argumento es que estas herramientas son denominadas, herramientas “*no inteligentes*”; estos sistemas no poseen inteligencia para tomar decisiones instruccionales sobre qué necesita aprender el estudiante, el éxito de estas herramientas en el aprendizaje de los estudiantes, depende de la inteligencia del estudiante.

Otras razones son de corte práctico, como la poca profundidad del *software*, bajo costo y gran eficiencia al poder ser utilizadas en gran parte de campos del conocimiento y a lo largo del currículo.

### 5.1.3 Relación entre los referentes teórico pedagógico-didácticos.

En el contexto de este estudio se adoptan las visiones pedagógico - didácticas antes descritas, debido a que se complementan e integran de una manera coherente. La articulación surge desde los principios planteados por la teoría de las *Mindtools*, donde éstas apoyan el aprendizaje constructivo, en coherencia con nuestra propuesta didáctica que propone a los estudiantes la exteriorización de sus modelos mentales a través de animaciones construidas por ellos mismos. Estas herramientas cognitivas hacen un gran aporte al aprendizaje constructivista, ya que en términos de Simmons (1993), favorecen que el aprendizaje sea activo, permitiendo a los estudiantes procesar la información en forma significativa, modificando sus representaciones sobre el concepto de ciclo celular. De igual manera tienen en cuenta que todo nuevo aprendizaje se construye sobre conocimientos previos y al ofrecer nueva información, los aprendices elaboran el nuevo conocimiento y lo interrelacionan con su conocimiento disponible, enriqueciendo su modelo mental, estimulando la reflexión sobre lo que saben y lo que necesitan aprender, revisándolo constante y recursivamente, para poder alcanzar las metas de aprendizaje. La figura 1 muestra cómo dialogan los referentes pedagógico didácticos de nuestro marco teórico.

¿Cómo dialogan los referentes pedagógico – didácticos?



**Figura 1.** Relación entre la Teoría de los Modelos Mentales y las *Mindtools*, en el marco de este trabajo.

## 5.2 Las TIC en la enseñanza de las ciencias.

En las disciplinas llamadas científicas, además de los contenidos teóricos es fundamental el trabajo experimental para la construcción de los conceptos. La asociación entre los contenidos teóricos y el trabajo práctico, facilita la asimilación de los elementos conceptuales. En este mismo sentido, la enseñanza de las ciencias se debe propender porque los estudiantes logren alcanzar objetivos tanto en sus habilidades investigativas (indagación, exploración, análisis) como habilidades procedimentales, tratando de desarrollar en ellos determinadas destrezas intelectuales que los acerquen a una visión más aproximada de lo que se conoce como ciencia e investigación científica. Las TIC, en tanto que permiten cierto grado de interactividad al estudiante, pueden suponer una contribución importante en la formación de los estudiantes en este campo; pues estas

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

herramientas se constituyen en un complemento al trabajo experimental, principalmente cuando se aborda el estudio de fenómenos inaccesibles por la experimentación convencional, bien sea por la abstracción, los costos de los materiales de laboratorio o el peligro que representan los mismos. Todo esto, obviamente sin dejar de lado el importante papel que desempeña el profesor como mediador entre estudiantes y herramientas tecnológicas.

*“Las TIC son un recurso más a disposición del alumnado y profesorado, muy importante, eso sí. Pero los profesores y las profesoras conjuntamente con un grupo de aprendices, continuarán siendo el eje alrededor del cual se generarán los aprendizajes básicos, los que han de permitir construir otros de forma autónoma”* (Sanmartí & Izquierdo, 2001, p. 1).

Las TIC pueden llegar a tener una función importante en el aprendizaje, influyendo en una atención más personalizada para los estudiantes, en la aplicación de estrategias de retroalimentación para la corrección de desaciertos conceptuales y en el tiempo de trabajo de los alumnos en el aula.

Según las propuestas de Sanmartí & Izquierdo (2001, p. 5-6), algunas de las ventajas que ofrece la implementación de las TIC a la enseñanza son:

De trabajar en grupos-clase, a trabajar en pequeños grupos.

De centrar las actividades en leer y recitar, a trabajar la aplicación.

De conseguir motivar sólo a unos pocos estudiantes, a mejorar la motivación de todos.

De atender sólo a los mejores estudiantes, a atenderlos a todos.

De evaluar sólo mediante exámenes finales, a evaluar el progreso y el esfuerzo.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

De promover una estructura social competitiva, a promover una mayor cooperación.

De unas clases donde todos los estudiantes hacen lo mismo, a otras donde hacen cosas diferentes.

De unas clases donde prima el pensamiento verbal, a otras en las que se integre el pensamiento visual y verbal.

Los docentes como enlace entre el conocimiento y los estudiantes, deberán compartir el lenguaje tecnológico con ellos, por esto es necesario que superen ciertas dificultades en el manejo de los recursos tecnológicos que normalmente usan en sus clases y conozcan otras herramientas tecnológicas que les podrían ser útiles. La competencia de los profesores en TIC constituye un elemento importante para la integración de estas herramientas en el aula (Suarez, Gonzálo, Gargallo & Aliaga, 2010).

El uso de las TIC en el aula requiere de un trabajo dedicado y continuo por parte de los maestros y los estudiantes. Los materiales didácticos tecnológicos que ya están diseñados pueden ser adaptados a las necesidades de cada maestro, pero aún son necesarias más investigaciones en torno al uso de las TIC en la educación y más concretamente en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

### **5.3 Algunas aproximaciones teóricas sobre el ciclo celular.**

De acuerdo con la teoría celular establecida por el biólogo alemán Rudolf Virchoff en el siglo XIX, las células sólo provienen de células. En este mismo sentido y considerando los aportes de Cooper & Hausman (2008) en su libro la célula, las

células existentes se dividen a través de una serie ordenada de pasos denominados ciclo celular; en él, la célula aumenta su tamaño, el número de componentes intracelulares (proteínas y organelas), duplica su material genético y finalmente se divide (Fig. 2).

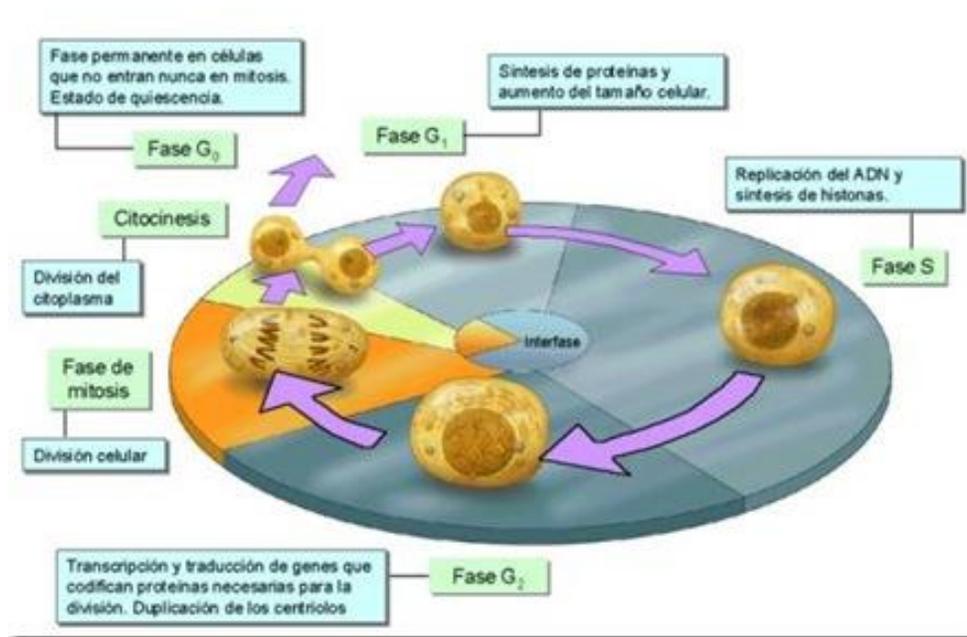


Figura 2. Esquema que representa las etapas del ciclo celular<sup>1</sup>.

El ciclo celular se divide en dos fases

1) Interfase, que consta de:

- Fase de síntesis (S): en esta etapa la célula duplica su material genético para pasarle una copia completa del genoma a cada una de sus células hijas.
- Fase G1 y G2 (intervalo): entre la fase S y M de cada ciclo hay dos fases denominadas intervalo, en las cuales la célula está muy activa metabólicamente, lo cual le permite incrementar su tamaño (aumentando el

<sup>1</sup><http://ariadnapproy1.blogspot.com/p/ciclo-celular.html>

número de proteínas y organelas), de lo contrario las células se harían más pequeñas con cada división.

## 2) Fase M

Mitosis (M): en esta fase se reparte a las células hijas el material genético duplicado, a través de la segregación de los cromosomas. La fase M, para su estudio se divide en:

- Profase: en esta etapa los cromosomas (constituidos de dos cromátidas hermanas) se condensan en el núcleo, mientras en el citoplasma se comienza a ensamblar el huso mitótico entre los centrosomas.
- Metafase: comienza con el rompimiento de la membrana nuclear, de esta manera los cromosomas se pueden unir al huso mitótico (mediante los cinetocoros). Una vez unidos los cromosomas, éstos se alinean en el ecuador de la célula.
- Anafase: se produce la separación de las cromátidas hermanas, las cuales dan lugar a dos cromosomas hijos que migran hacia polos opuestos de la célula.
- Telofase: aquí, ambos juegos de cromosomas llegan a los polos de la célula y adoptan una estructura menos densa, posteriormente se forma nuevamente la envoltura nuclear. Al finalizar esta fase, la división del citoplasma y sus contenidos comienza con la formación de un anillo contráctil.
- Citocinesis: finalmente se divide la célula mediante el anillo contráctil de actina y miosina, produciendo dos células hijas cada una con un juego completo de cromosomas.

Cuando ya no se requieren más células, éstas ingresan en un estado denominado G<sub>0</sub>, en el cual abandonan el ciclo celular y entran en un periodo de latencia, lo cual no significa que se queden inactivas, ya que estas células en G<sub>0</sub> presentan



## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

un metabolismo activo; además si estas células reciben un estímulo adecuado abandonan el estado G0 y entran de nuevo al periodo G1 para iniciar de nuevo el ciclo. Algunas poblaciones celulares altamente especializadas como las fibras musculares o neuronas al entrar en estado G0 abandonan indefinidamente el ciclo celular.

#### **5.4 Algunos aspectos legales del uso de las TIC en la educación en Colombia.**

Esta investigación está direccionada desde los fundamentos conceptuales y legales que en la actualidad orientan la incorporación de TIC al aula de biología, desde el ámbito internacional hasta el ámbito nacional y local.

En el área educativa, los objetivos estratégicos de la UNESCO (2004) apuntan a mejorar la calidad de la educación por medio de la diversificación de contenidos y métodos, promover la experimentación, la innovación, la difusión y el uso compartido de información y de buenas prácticas, y estimular un diálogo fluido sobre las políticas a seguir.

En la Constitución Política de Colombia de 1991, la ley 115 en su artículo 5°: Fines de la educación, en conformidad con el artículo 67 donde se concibe al estudiante como una persona en formación integral, se destacan objetivos que involucran las TIC, tales como:

- Adquisición de conocimientos (científicos, tecnológicos, históricos, humanísticos, estéticos, sociales, geográficos).

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

- Desarrollo de capacidad crítica, reflexiva y analítica, creación de hábitos intelectuales para la producción de conocimientos, fomento del pensamiento científico y de la creación artística.
- Promoción en la persona y en la sociedad de la capacidad para crear, investigar, adoptar la tecnología que se requiere en los procesos de desarrollo del país y le permita al educando ingresar al sector productivo.

Estos fines de la educación son rumbos que la sociedad ha marcado para la formación de sus ciudadanos, fines que se expresan con claridad en los objetivos generales de los niveles educativos (Artículos 20º a 22º de la Ley 115 de 1994), de los cuales se destacan:

- Propiciar una formación general mediante el acceso, de manera crítica y creativa, al conocimiento científico, tecnológico, artístico y humanístico y de sus relaciones con la vida social y con la naturaleza, de manera tal que prepare al educando para los niveles superiores del proceso educativo y para su vinculación con la sociedad y el trabajo.
- Ampliar y profundizar en el razonamiento lógico y analítico para la interpretación y solución de los problemas de la ciencia, la tecnología y de la vida cotidiana.

El plan decenal de educación en Colombia tiene como objetivo generar un acuerdo nacional que comprometa al gobierno, los diferentes sectores de la sociedad y la ciudadanía en general para avanzar en las transformaciones que la educación necesita. Entre los diez retos que propone el plan decenal de educación (2006-2016), se destacan dos de ellos referentes a las TIC como un elemento indispensable para lograr una educación más integral:



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Primerola renovación pedagógica y uso de las TIC en educación integrada a la educación, y segundo la importancia de fortalecer los planes de estudio que respondan a las necesidades específicas de las comunidades a las cuales pertenecen los estudiantes.

También “es importante resaltar el proceso de cualificación en la formación docente, en particular en el uso y apropiación de las TIC” (Plan Decenal 2006-2016). Tenemos entonces, que desde el Ministerio de Educación Nacional más que una invitación a incorporar TIC a la educación, hay una preocupación y unos avances en cuanto a ello.

Mediante el Plan de Desarrollo Institucional 2006-2016, la Universidad de Antioquia reitera su compromiso con el proyecto de convertir la institución en “una universidad investigadora, innovadora y humanista al servicio de las regiones y del país”; en este sentido, las TIC abren importantes posibilidades y suponen un nuevo paradigma educativo propio de la era del conocimiento: aprender a aprender. En este marco, la búsqueda de la excelencia académica en las funciones misionales de investigación, docencia y extensión, impone como reto para la Universidad asimilar, desarrollar e incorporar el potencial que brindan estas tecnologías. Destacándose varios objetivos que apuntan al enriquecimiento del uso de las TIC en la Universidad, tales como:

- Fortalecer el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones —TIC— en los procesos de formación.
- Formar a los investigadores, docentes y estudiantes en el uso intensivo de las TIC.
- Desarrollar cursos y programas de pregrado, posgrado y educación continua utilizando las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

- Promover la investigación y la producción de esquemas, metodologías, programas y materiales para el desarrollo de la educación mediada con tecnologías.

Teniendo en cuenta estas ideas es relevante formular propuestas educativas fundamentadas en las TIC, que aparte de ofrecer potencialidades como herramientas tecnológicas, también puedan generar motivación en el alumnado y de igual manera subsanar la necesidad que surge en la sociedad actual de aprender su manejo, por su importancia social, económica, etc.

Con la intención de visibilizar la manera en que los referentes teóricos aquí descritos se materializan para dar lugar a una propuesta didáctica viable de ser implementada en el aula de clase, se presenta en el siguiente capítulo la fundamentación metodológica que orienta la presente investigación.

## **CAPÍTULO 6.**

### **FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA**

En este capítulo se presenta la fundamentación metodológica del trabajo constituida por dos partes: el marco metodológico en el que se presenta una descripción de la metodología cualitativa, particularmente en lo que se refiere al estudio de casos, por ser el método implementado para orientar y realizar el análisis del estudio; y en esta misma sección se hace una síntesis del progreso de la investigación y se describen los diferentes instrumentos de recolección de información. Y en la segunda parte de la fundamentación metodológica es descrita la metodología de enseñanza o propuesta didáctica implementada en esta investigación.

#### **6.1 Metodología de Investigación**

En esta sección nos enfocamos en aspectos teóricos que fundamentan la ruta metodológica. En relación con la postura epistemológica asumida en esta investigación, adoptamos el paradigma de investigación cualitativa, pues consideramos que este enfoque de investigación se constituye en un modo particular de acercarnos a la realidad del contexto educativo del aula de clase para interpretar, comprender y valorar procesos de construcción de conocimiento (Rodríguez, Gil y García ,1996; Latorre, Del Rincón y Arnal, 1996). De igual manera en esta sección son descritos los instrumentos de recolección de información utilizados en la implementación de la propuesta didáctica a lo largo del estudio.

### 6.1.1 Investigación cualitativa

Esta investigación se aborda desde el enfoque y perspectivas de la investigación cualitativa, dado que las características fundamentales de esta investigación se enfocan en tratar de observar los acontecimientos, las acciones, el comportamiento, etc., desde la misma perspectiva en que los sujetos estudiados la ven, para comprender dentro del mismo contexto, los fenómenos sociales, culturales o educativos. De acuerdo con Rodríguez, Gil y García (1996), este enfoque de investigación *“estudia la realidad en su contexto natural, tal y como sucede, intentando sacar sentido de, o interpretar los fenómenos de acuerdo con los significados que tienen para las personas implicadas. La investigación cualitativa implica la utilización y recogida de una gran variedad de materiales— entrevista, experiencia personal, historias de vida, observaciones, textos históricos, imágenes, sonidos— que describen la rutina y las situaciones problemáticas y los significados en la vida de las personas”* (p. 32). En nuestra investigación esta realidad, este entorno social y educativo es construido por estudiantes que son el producto de una cotidianidad, de una cultura y son ellos, quienes la construyen a partir de sus vivencias y sus particularidades; por lo tanto, no es suficiente con crear explicaciones objetivas sobre los procesos de aprendizaje de los estudiantes, sino, que hay que adentrarnos en su mundo subjetivo, en sus ideales, en sus percepciones.

La metodología cualitativa se caracteriza por tratar de proporcionar descripciones específicas de los contextos sociales estudiados; en este caso, el contexto educativo. Es en este sentido que la relevancia de este proceso de investigación radica en realizar una descripción lo más minuciosamente posible de todo aquello que se logre observar en el aula de clase en relación con la evolución conceptual de los modelos mentales que poseen los estudiantes sobre el ciclo celular; hasta



## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

el punto de rescatar lo que aparentemente se puede presentar como no relevante, pero que más adelante puede permitir comprender los hechos presentados en el aprendizaje de la biología celular, llevando a los estudiantes hacia un conocimiento significativo, mediante su interrelación con el mundo.

El tipo de metodología cualitativa que se implementa en esta investigación es el estudio de caso colectivo desde la perspectiva de Stake (1998). Este autor clasifica los estudios de caso en tres tipos: intrínseco, instrumental y colectivo. En el estudio de caso intrínseco se pretende lograr una profunda comprensión sobre ese caso en particular; porque ese caso en sí mismo tiene un interés intrínseco. En el estudio de caso instrumental el interés está centrado en una situación que se quiere investigar para tener una comprensión sobre ella; y se considera que puede entenderse dicha situación mediante el estudio de un caso particular. De esta manera, el estudio de caso se convierte en un instrumento para comprender una situación. Y por último, el estudio de caso colectivo en el que se eligen varios casos porque se cree que éstos permitirán una mejor comprensión de una determinada situación o fenómeno. Este tipo de estudio puede ser visto como un estudio instrumental extendido a varios casos; donde cada estudio de caso es un instrumento para comprender la situación y debe existir cierta coordinación entre cada uno de los estudios individuales.

Este último tipo de estudio de caso fue el elegido para esta investigación; ya que de acuerdo con Stake (1998), el estudio de caso colectivo se caracteriza por su interés en casos particulares y se produce cuando el investigador estudia un número de casos coyunturales para examinar los fenómenos, población o condiciones generales.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Stake (1998) define el estudio de caso como *“el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes”* (p. 11). Y en relación con el estudio de caso colectivo, se considera que éste permitirá indagar sobre el fenómeno, población o condición general a partir del estudio intensivo de varios casos.

El estudio de caso refleja la peculiaridad y la particularidad de cada realidad o situación a través de una descripción detallada y fiel del fenómeno investigado, esta característica se acopla de una manera muy coherente a esta investigación, dada la característica que tienen los modelos mentales de ser representaciones de carácter individual.

### **Participantes y contexto del estudio**

Este estudio se realizó durante el semestre 2013-1 y para llevarlo a cabo se eligieron 5 casos entre un grupo de estudiantes del curso de biología celular, pertenecientes al segundo nivel de Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. De todos los estudiantes del curso de biología celular, se seleccionaron 4 mujeres y un hombre entre los 18 y 22 años, que se mostraron dispuestos a participar en el estudio y estuvieron presentes en todas las clases en las que se desarrolló la propuesta didáctica.

Uno de los elementos fundamentales para la elección de los casos fue la intencionalidad que tuvieron los estudiantes de participar y entregarnos sus perspectivas, visiones y pensamientos en relación con la propuesta, así como su disposición para utilizar las herramientas tecnológicas, lo que se constituye en una característica fundamental para el trabajo con *Mindtools*; y otro elemento para la

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

elección de los casos tuvo que ver con la afinidad o gusto de trabajar con TIC. Aunque para realizar un estudio de caso colectivo contrastante que nos pudiese arrojar información importante para el análisis y triangulación, también integramos a la investigación estudiantes que no se sentían tan motivados al trabajo con herramientas tecnológicas, pero que se dispusieron a hacerlo. Y esto con el propósito de realizar un estudio más natural, atendiendo a la diversidad del alumnado que realmente nos encontramos en las aulas de clase. La asistencia a todas las clases de la intervención fue otro elemento en consideración para la elección de los casos, ya que su participación en las diferentes actividades desde la propuesta didáctica proporciona la información necesaria para el posterior análisis.

Con la elección de estos casos no teníamos como propósito generalizar, ni suponer que son una muestra representativa de una población. Pues siendo coherentes con la perspectiva cualitativa, “la investigación de estudio de caso no es una investigación de muestras. No estudiamos un caso fundamentalmente para comprender otros casos. Nuestra primera obligación es comprender el caso concreto” (Stake, 1995, p. 4). Lo más importante era elegir los casos que ofreciesen las mejores y mayores oportunidades de aprendizaje, con los que se pudiese aprender en profundidad sobre los modelos mentales de ciclo celular que tienen los estudiantes de la licenciatura en educación básica con énfasis en ciencias naturales y educación ambiental.

En consecuencia con las consideraciones éticas que conlleva realizar una investigación que involucra personas, todos los estudiantes fueron invitados a participar en la investigación y firmaron un consentimiento informado en el que se les daba a conocer el alcance de la investigación, sus propósitos y el manejo confidencial de la información recolectada, para garantizar la privacidad y la

intimidad de las personas participantes. De este modo, los estudiantes pudieron considerar su participación de manera voluntaria (anexo 2).

### 6.1.2 Instrumentos de recolección de información

En concordancia con el tipo de estudio realizado, se eligieron algunas técnicas e instrumentos para la recolección de información.

Esta recolección se hizo a través de diversos medios. Específicamente, en el caso de entrevistas y exposiciones, a través de un registro electrónico (grabación en video). En el caso de las observaciones, hay apoyo de los videos y las fotografías o en las notas del diario de campo. En el caso de documentos, a través de la recolección de material original.

A continuación se presentan las diferentes técnicas e instrumentos de recolección de información:

**Entrevista:** Las entrevistas realizadas siguieron un protocolo de entrevista semi-estructurada, fundamentada en una relación de confianza entre el entrevistador y el entrevistado para favorecer un diálogo espontáneo y fluido por parte de cada uno de los sujetos entrevistados de modo individual (Hernández, 2010). Todas las entrevistas fueron grabadas y posteriormente transcritas.

**Entrevista 1:** Tenía como objetivo comprender, explorar y reconocer los ideas previos de los estudiantes sobre el ciclo celular, a través del análisis de modelos mentales exteriorizados por medio de las animaciones construidas sobre este proceso.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

**Entrevista 2:** Tenía como propósito identificar la apropiación del concepto de cromosoma, su forma y su relación con el proceso de división celular, reconociendo esta unidad estructural biológica como un elemento fundamental en la genética de los organismos.

**Entrevista 3:** El objetivo de esta entrevista fue que los estudiantes describieran y reflexionaran sobre las animaciones de ciclo celular construidas luego de haber trabajado los conceptos fundamentales de este proceso, y señalaran avances con referencia a la primera animación construida.

**Entrevista 4:** El propósito de esta entrevista era que los estudiantes comparasen la exteriorización de su modelo mental final con la inicial, en términos de las dificultades y aciertos que encontraron en el proceso; asimismo, que se expresaran en relación al papel de las TIC como herramientas para la comprensión. Además, se indagó sobre cómo haciendo uso de su modelo mental podían predecir situaciones problemáticas que involucraran el ciclo celular; y así poder reconocer el impacto que tuvo la intervención en el proceso de aprendizaje de este concepto.

**Diagnóstico:** Es un proceso que permite llegar a conocer las ideas previas de los estudiantes sobre el ciclo celular. Se llevó a cabo mediante el análisis de las animaciones que corresponden a la exteriorización de los modelos mentales de ciclo celular que tienen los estudiantes antes de realizar el proceso de intervención, permitiendo explorar dificultades, falencias y aciertos en relación con este concepto.

**Documentos:** Producciones de los estudiantes como: presentaciones, anotaciones, exteriorizaciones de modelos, etc., que posibilitaron hacer un análisis

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

del fenómeno de interés. Una vez generado el material se buscó explorar las razones del porqué de esas elaboraciones y las características particulares de éstas para tratar de evidenciar procesos de aprendizaje.

**Diario de campo:** Está constituido por las anotaciones y reflexiones que el docente-investigador realizó permanentemente en relación con todos los pormenores y situaciones vivenciadas durante el proceso de intervención en el aula de clase.

**Observación participante:** La observación permanente realizada por el docente-investigador sobre las experiencias y dilemas resueltos en el aula de clase. Con esta técnica de recogida de información se observa, a la vez que se es partícipe en las actividades del grupo que está siendo investigado.

**Registros fotográficos y de video:** Se realizaron registros permanentes del proceso y productos realizados en la implementación de la propuesta didáctica.

**Talleres:** se constituyeron en un camino eficaz para formar, desarrollar y perfeccionar hábitos, habilidades y capacidades que le permiten al alumno manipular los conocimientos obtenidos en clase para fortalecer sus debilidades y asimilar mejor los conceptos. Se buscó mediante el taller que los estudiantes en un proceso gradual fuesen asimilando los conceptos científicos. El taller estuvo abierto a discusiones, socializaciones, debates y grupos de reflexión.

**Taller 1:** Tenía como objetivo que los estudiantes identificaran las etapas del ciclo celular. Se hizo uso del aprendizaje colaborativo como estrategia didáctica. Los estudiantes debían comparar las etapas, corregir posibles equivocaciones e

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

intentar llegar a acuerdos con respecto a las propiedades y características anatómicas y fisiológicas del ciclo celular.

**Taller 2:** Su propósito se centró en la construcción de modelos para esquematizar el proceso de mitosis, con sus respectivas fases y diferente número de cromosomas.

**Taller 3:** Con este taller se pretendía que los estudiantes asimilasen la regulación del ciclo celular y de esta manera reconocieran las interacciones entre las proteínas reguladoras del ciclo.

**Lecturas:** Éstas tuvieron como objetivo crear y orientar situaciones que ofreciesen a los estudiantes la posibilidad de desarrollar actitudes reflexivas, críticas y autocríticas; hacer un acercamiento de contrastación, validación y cooperación entre el saber científico y el saber popular; así como desarrollar habilidades tales como: identificar consecuencias, reconocer relaciones importantes, hacer inferencias, cuestionar en profundidad, analizar o evaluar argumentos, evaluar evidencias y proposiciones sólidas o deducir conclusiones.

**Lectura 1:** “La división celular, el único camino a la inmortalidad”, con esta lectura los alumnos pudieron conocer los descubrimientos que han merecido el Premio Nobel en Medicina y Fisiología en el año 2001, y analizaron las distintas fases del ciclo celular y la división por mitosis.

**Lectura 2:** “Análisis de algunos parámetros del ciclo celular”, en esta lectura se describían detalladamente las fases del ciclo celular y cómo hacer uso de técnicas de biología molecular para identificar en qué fase se encuentran las células. Se pretendía que el estudiante hiciera un análisis crítico de esta lectura.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

**Lectura 3:** “La identificación de la ciclina”; esta lectura describe los experimentos que desencadenaron el descubrimiento de las ciclinas como proteína fundamental del control del ciclo celular; el análisis de estos experimentos ayudó a los estudiantes a dimensionar las interacciones de varias proteínas en el control del ciclo celular.

**Lectura 4:** “Muerte celular programada”, experimento clave para el descubrimiento del control genético de la muerte celular programada y su impacto en la medicina. El propósito de esta lectura era dar a los estudiantes una visión sobre la relación de la muerte celular con enfermedades como el cáncer y enfermedades neurodegenerativas.

**Animaciones y simulaciones sobre ciclo celular:** Se compartieron con los estudiantes diversas animaciones y simulaciones encontradas en la red que pudiesen ayudar a los estudiantes a aclarar y observar de manera interactiva conceptos fundamentales de la biología celular, más específicamente el ciclo celular; y así tratar de que encontrasen sentido a las relaciones entre diferentes representaciones de procesos celulares.

Los siguientes links que se presentan en la tabla 4 corresponden a las diferentes animaciones en las que se apoya la propuesta didáctica sobre ciclo celular.

Temática	Enlaces
<b>Estructuras celulares</b>	<a href="http://www.sheppardsoftware.com/health/anatomy/cell/cell_tutorial.htm">http://www.sheppardsoftware.com/health/anatomy/cell/cell_tutorial.htm</a>
<b>Ciclo celular</b>	<a href="http://www.johnkyrk.com/mitosis.esp.html">http://www.johnkyrk.com/mitosis.esp.html</a> <a href="http://outreach.mcb.harvard.edu/animations/cellcycle.swf">http://outreach.mcb.harvard.edu/animations/cellcycle.swf</a> <a href="http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena5/index_4quincena5.htm">http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena5/index_4quincena5.htm</a>

	<a href="http://www.biologia.edu.ar/cel_euca/ciclo.htm">http://www.biologia.edu.ar/cel_euca/ciclo.htm</a>
<b>Ciclo celular y su regulación</b>	<a href="http://www.biologia.edu.ar/animaciones/in-ciclocelular.htm">http://www.biologia.edu.ar/animaciones/in-ciclocelular.htm</a> <a href="http://www.cellsalive.com/cell_cycle.htm">http://www.cellsalive.com/cell_cycle.htm</a>
<b>Células madre</b>	<a href="http://medtempus.com/archives/animaciones-3d-de-las-celulas-madre/">http://medtempus.com/archives/animaciones-3d-de-las-celulas-madre/</a>
<b>Celular y cáncer</b>	<a href="http://science.education.nih.gov/supplements/nih1/cancer/activities/activity2_animations.htm">http://science.education.nih.gov/supplements/nih1/cancer/activities/activity2_animations.htm</a>

Tabla 4. Links de diferentes animaciones utilizadas en las clases.

**Software:** Con estas herramientas se pretendía que los estudiantes construyeran animaciones para que de esta manera exteriorizaran sus modelos mentales sobre ciclo celular. A continuación se enuncian algunos de los *software* utilizados.

- **Power Point 2010:** este *software* ofrece formas de crear y compartir presentaciones dinámicas. Las llamativas opciones visuales y de audio permite contar una historia nítida y cinematográfica, tan fácil de crear como atractiva de observar. Con este *software* se pueden generar videos de su presentación, incluidas transiciones, animaciones, narración e intervalos. Además, le permite trabajar de forma simultánea con otras personas.
- **Paint (Paintbrush):** es un programa simple de dibujo gráfico desarrollado por *Microsoft*. Por su simplicidad, es una de las aplicaciones más usadas por los usuarios de *Windows*, ayudando a varios a dibujar con la computadora, a partir de un buen número de elementos gráficos y herramientas que permiten crear figuras de diferentes colores y formas.
- **Camtasia Studio:** es un *software* que permite grabar todas las actividades que se realizan en el computador, pudiendo crear así videos, animaciones o

tutoriales para compartir y aplicar en las diferentes actividades académicas. Dentro de las características más relevantes se encuentran su simplicidad y facilidad para utilizar y compartir los videos creados en casa o en el lugar de estudio. Posee una buena precisión para la captura del movimiento en pantalla y las aplicaciones creadas con este programa se pueden integrar con otros.

### **6.1.3 Procedimientos y técnicas de análisis de la información.**

#### **Categorización y codificación para el análisis de la información**

Buscando alcanzar los objetivos de esta investigación se establecieron los tópicos centrales o categorías que focalizaron y orientaron el trabajo de análisis, estas categorías establecidas de manera apriorística resultaron de mucha ayuda al permitir enlazar las actividades de la propuesta didáctica con el objetivo general de la investigación y de esta manera permitir la reflexión y la interpretación de los datos, siempre a la luz de los referentes teóricos. Esta categorización facilita que se disminuyan la cantidad de datos a dimensiones manejables, y así poder ordenar los datos de un modo coherente, completo y lógico. El proceso de categorización fue orientado según lo recomendado por Martínez (1999).

Se establecieron las siguientes categorías y subcategorías apriorísticas, las que finalmente dieron la ruta para el análisis de la totalidad de la información recolectada.

**Categoría A. Evolución de modelos mentales sobre ciclo celular :** Esta categoría corresponde a la naturaleza de los modelos mentales que tienen los estudiantes sobre ciclo celular, así como la transformación de los mismos,

producto de la propuesta didáctica implementada; qué tan cercanos o alejados están esos modelos mentales de los modelos de ciclo celular aceptados por la comunidad científica; y de esta manera reflexionar acerca del proceso de aprendizaje valorado a partir de la evolución de modelos mentales.

### Subcategorías

1. Características de los modelos mentales iniciales de ciclo celular.
2. Estrategias que influyen en la transformación de los modelos mentales.
3. Aproximaciones de los modelos mentales a los modelos conceptuales.

**Categoría B. Papel de las *Mindtools* en la externalización de modelos mentales:** en esta categoría se ubican todos los elementos que evidencien las relaciones de los estudiantes con las *Mindtools*, su apropiación, sus habilidades y dificultades al utilizar el *paint* y el *power point* como herramientas cognitivas.

### Subcategorías

1. Ventajas y limitaciones de las *Mindtools* como herramientas didácticas para la construcción de modelos mentales
2. Actitudes de los estudiantes hacia el trabajo con las *Mindtools* para la externalización de sus modelos mentales.

Para definir las categorías apriorísticas se tuvo en cuenta cómo éstas se articulaban con los objetivos específicos y facilitaban el alcance del objetivo general de la investigación. El análisis de contenido desencadenó la estructuración y consolidación de las categorías del estudio y permitió la interpretación conceptual desde diferentes niveles relacionados entre sí para dar cuenta de los modelos mentales que tienen los estudiantes sobre ciclo celular y cómo este concepto evoluciona a través del proceso de intervención; y de igual manera arrojó

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

información sobre las actitudes de los estudiantes hacia el trabajo con las *Mindtools* para la externalización de sus modelos mentales.

Durante la reducción de datos se realizó una codificación abierta de las unidades de análisis seleccionadas y posteriormente, una codificación axial que consistió en relacionar los códigos a partir de las categorías de análisis. Para el proceso de codificación de la información se establecieron códigos que corresponden a las categorías y subcategorías.

En la tabla 5 se muestra cómo están enlazados los objetivos específicos del estudio con las categorías y subcategorías de esta investigación, cada una con su respectiva codificación, a cada subcategoría de análisis se le asignó un código para facilitar la organización y análisis de la información.

Objetivos específicos	Categorías	Subcategorías	Código
<b>Identificar los cambios en los modelos mentales de los estudiantes sobre el ciclo celular al utilizar algunos recursos TIC como apoyo didáctico en el proceso de enseñanza.</b>	<i>Evolución de Modelos mentales sobre ciclo celular</i>	Características de los modelos mentales iniciales de ciclo celular.	M1
		Estrategias que influyen en la transformación de los modelos mentales.	M2
		Aproximaciones de los modelos mentales a los modelos conceptuales.	M3

<p><b>Explorar el alcance de las <i>Mindtools</i> en el proceso de construcción de animaciones para la externalización de los modelos mentales sobre ciclo celular.</b></p>	<p><i>Papel de las Mindtools en la externalización de modelos mentales</i></p>	<p>Ventajas y limitaciones de las <i>Mindtools</i> como herramientas didácticas para la construcción de modelos mentales.</p>	H1
		<p>Actitudes de los estudiantes hacia el trabajo con las <i>Mindtools</i> para la externalización de sus modelos mentales.</p>	H2

Tabla 5. Relación entre los objetivos específicos y las categorías apriorísticas.

En lo que se refiere a las transcripciones, éstas se realizaron siguiendo las recomendaciones de Martínez (1999); es decir, se hicieron en los dos tercios derechos de las páginas, dejando el tercio izquierdo para la categorización, recategorización y anotaciones especiales.

Se numeraron las páginas y las líneas del texto, que facilitaron su posterior manejo, y se separaron y marcaron mediante símbolos los textos de los diferentes interlocutores.

Desde la idea de triangulación a la que se refiere Stake (1995, p. 241), ésta:

*“ha sido concebida como un proceso en el que desde múltiples perspectivas se clarifican los significados y se verifica la repetibilidad de una observación y una interpretación. Pero reconociendo que ninguna observación o interpretación es perfectamente repetible, la triangulación sirve también para clarificar el significado identificando diferentes maneras a través de las cuales es percibido el fenómeno”.*

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

Bajo este referente, en esta investigación se realizó triangulación entre fuentes de información y con el marco teórico; con el propósito de aumentar la potencialidad analítica y la validez de los resultados, facilitando así la construcción de unas conclusiones más consistentes sobre cómo esta propuesta didáctica apoyada en TIC influyó en el aprendizaje del ciclo celular en cinco de los estudiantes participantes en este estudio.

En la tabla 6 se observan las actividades de la metodología de enseñanza o propuesta didáctica que se describen más adelante, y que aportaron información relevante para el análisis de cada subcategoría y por ende, propiciaron la triangulación entre fuentes de información para la misma.

Subcategorías	Actividades	Técnicas e instrumentos de recolección de la información		
Características de los modelos mentales iniciales de ciclo celular.	n°2, n°3 y n°4.	Animación. Videos	Diagnóstico Diario de campo	Entrevista 1
Estrategias que influyen en la transformación de los modelos mentales.	n° 7, n°8, n°11, n°12, n°15, n°16, n° 19, n°20, n°22, n°23, n° 26, n°28, n°29, n°30, n°34, n° 36, n° 37, n° 41	Discusión de la Lectura 1, 2 y 3 Taller 1, 2 y 3 Mapa conceptual Entrevista 2, 3 y 4 Modelos de cromosomas Modelos de mitosis Documentos Animación	Videos Fotos Diario de campo	
Aproximaciones de los modelos	n° 42, n° 43, n°44.	Animación Entrevista 4	Videos Fotos	

mentales a los modelos conceptuales.			Diario de campo
Ventajas y limitaciones de las <i>Mindtools</i> como herramientas didácticas para la construcción de modelos mentales.	n°3 , n°4, n°29 , n°30, n° 43, n° 44.	Animaciones Entrevista 1, 3, y 4	Videos Fotos Diario de campo
Actitudes de los estudiantes hacia el trabajo con las <i>Mindtools</i> para la externalización de sus modelos mentales.	n°3 , n°4, n°29 , n°30, n° 43, n° 44.	Animaciones Entrevista 1, 3, y 4	Videos Fotos Diario de campo

Tabla 6. : Fuentes de información para el análisis de cada subcategoría

## 6.2 Metodología de Enseñanza

A partir de la revisión de literatura y de las necesidades que consideramos importantes para la enseñanza-aprendizaje del proceso de ciclo celular y teniendo en cuenta las diferentes fuentes descritas anteriormente, fue posible construir una propuesta didáctica de carácter constructivista, partiendo de los ideas previos de los estudiantes y la exploración de las diversas habilidades y capacidades de éstos, tanto en lo conceptual como en el uso de herramientas tecnológicas; pero que también fuera significativa para los estudiantes y que les permitiera construir representaciones sobre el ciclo de la célula.

A través de la propuesta didáctica se plantearon diversas temáticas y actividades respecto al conocimiento de la vida de la célula, como la replicación del ADN, la participación de ciclinas, el proceso de mitosis y la muerte celular.

Finalmente, las actividades propuestas se desarrollaron con el fin de favorecer mediante el uso de TIC, la modificación, evolución y exteriorización de los modelos de ciclo celular de los estudiantes de biología celular de la Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad de Antioquia.

**Estructuración de las actividades de clase que se llevaron a cabo en el proceso de intervención:**

***Propuesta didáctica***

**Sesión 1.** Esta clase se tituló “¿Qué sabemos del ciclo celular?” y sus objetivos fueron: identificar conocimientos previos de los estudiantes sobre el ciclo celular, y explorar formas de representación y comunicación.

Tiempo que duró la sesión: 1 hora 50 min

**Actividades de la sesión:**

**Actividad N° 1:** Observación y análisis de varias imágenes de células en diferentes etapas del ciclo. El profesor compartió con todos los estudiantes imágenes obtenidas por microscopía de las diferentes fases del ciclo celular, sin especificar a qué correspondía cada una; buscaba ilustrar cómo son los diferentes tipos de células en la realidad, sus formas y cambios internos. Duración aproximada de 10 minutos.

**Actividad N° 2:** Se formularon preguntas por parte del profesor en forma verbal, sobre el ciclo celular y su importancia en los organismos pluricelulares. De manera general el profesor indagó sobre las concepciones previas que tenían los estudiantes acerca del concepto y por qué éste es fundamental en los organismos pluricelulares. Duración de 15 minutos aproximadamente.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

**Actividad N° 3:** Exteriorización del modelo mental de los estudiantes sobre el ciclo celular. De manera individual cada estudiante en su computador, haciendo uso de los *software* realizó una animación de lo que para él es el ciclo celular y lo envió al correo del profesor o lo entregó en una memoria *USB* al finalizar la actividad. Era necesario que los estudiantes durante el proceso de modelación no tuvieran acceso a internet o a otros compañeros, para que no existiera algún tipo de influencia sobre sus construcciones; esta actividad tardó aproximadamente 40 minutos. El objetivo de la actividad era conocer las características de sus modelos mentales iniciales sobre ciclo celular, con referencia al modelo conceptual.

**Actividad N° 4:** Explicación del proceso mental y operacional en la construcción del modelo mental. Haciendo uso de la entrevista 1 (anexo 3) el profesor planteó algunas preguntas a los estudiantes acerca de la construcción de la animación y lo que quería representar con ella. La duración de la actividad fue aproximadamente de 40 minutos.

**Actividad N° 5:** Resolución de inquietudes y elaboración de conclusiones. Su duración fue aproximadamente 5 minutos.

**Sesión 2.** Esta sesión se tituló “*Introducción al Ciclo Celular*” y su objetivo era presentar los contenidos básicos del ciclo celular y sus fases.

Tiempo que duró la sesión: 1 hora

#### **Actividades de la sesión:**

**Actividad N° 6:** Presentación oral por parte del profesor de los contenidos fundamentales del ciclo celular (interfase, mitosis, citocinesis). Duración aproximada: 20 minutos.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

**Actividad N° 7:** Los estudiantes construyeron un mapa conceptual sobre el ciclo celular. Para esta actividad se propuso que se formaran grupos de tres estudiantes para que realizaran la síntesis de la información ofrecida en clase en un mapa conceptual consensuado que les permitió relacionar los conceptos fundamentales de la temática abordada. Duración aproximada: 20 minutos.

**Actividad N° 8:** Lectura y análisis de experimento clave en el descubrimiento y desarrollo del proceso de ciclo celular (anexo 4). La actividad tenía como propósito que los estudiantes conocieran la historia y desarrollo de los modelos conceptuales sobre ciclo celular y con base en ello realizaran un análisis de las metodologías experimentales empleadas por los científicos para el estudio de la célula. Duración aproximada: 10 minutos.

**Actividad N° 9:** socialización y solución de dudas. Duración aproximada: 10 minutos.

**Sesión 3.** Esta clase se tituló “*la interfase*” y tenía como objetivo describir detalladamente las etapas de la interfase y su importancia en la “vida” celular.

Tiempo que duró la sesión: 1 hora

### **Actividades de la sesión:**

**Actividad N° 10:** Lectura individual del texto “El ciclo celular” del capítulo 16 del libro *La célula* de Cooper, para identificar qué sucede en las etapas de la Interfase. Tiempo aproximado: 10 minutos.

**Actividad N° 11:** Taller N° 1 (anexo 5) para reforzar conceptos clave. El objetivo del taller era fortalecer y aclarar algunos elementos del ciclo celular. Se trabajó en grupos (3 estudiantes). Tiempo de duración 15 minutos.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

**Actividad N° 12:** Breve exposición oral de cada grupo (conformados en la actividad anterior) de una de las etapas de la interfase, presentaron los principales acontecimientos que suceden durante G1, S y G2. Con esta actividad se buscaba que los estudiantes expresaran y sintetizaran lo que entendieron sobre las etapas del ciclo. Duración aproximada: 30 minutos.

**Actividad N° 13:** Socialización y solución de dudas. Tiempo aproximado: 5 minutos.

**Sesión 4.** Esta clase se tituló “*Cromosomas mitóticos*” y sus objetivos eran comprender la formación de los cromosomas mitóticos y la estructura de los mismos.

Tiempo que duró la sesión: 1 hora.

#### **Actividades de la sesión:**

**Actividad N° 14:** Exposición oral de los conceptos (cromosoma, centrómero, telómeros, cariotipo...etc.) por parte del profesor. Duración aproximada: 15 minutos.

**Actividad N° 15:** Construcción en grupos de modelos de cromosomas mitóticos. Cada uno de los grupos de trabajo (de 3 estudiantes) elaboraron modelos de cromosomas, con diversos materiales (icopor, alambre, plastilina, lana...etc.) que les permitieron identificar las partes de éstos, así como la forma en la que se condensa el ADN. Tiempo de duración: 25 minutos.

**Actividad N° 16:** Entrevista sobre la importancia, estructura y forma de los cromosomas. Con esta entrevista 2 (anexo 6) se buscaba identificar dificultades y aciertos en la comprensión de conceptos, que tienen los alumnos al estudiar el

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

cromosoma mitótico. A cada entrevistado se le hicieron preguntas orientadoras buscando que él expresara libremente cómo entiende la importancia de esta estructura celular. Tiempo de duración: 25 minutos.

**Sesión 5.** Esta clase se tituló “*La mitosis*” y su objetivo fue describir detalladamente las etapas de la mitosis y su importancia en la “vida” celular.

Tiempo que duró la sesión: 1 hora.

### **Actividades de la sesión:**

**Actividad N° 17:** Exposición oral de los conceptos por parte de los estudiantes. En grupos (3 estudiantes) expusieron las características principales de la profase, metafase, anafase, telofase y citocinesis, desde los conceptos teóricos que estudiaron previamente. Duración aproximada: 20 minutos.

**Actividad N° 18:** Lectura de un texto complementario que describe la mitosis y su importancia biológica. Se pretendía que los estudiantes analizaran la lectura<sup>2</sup> y establecieran una comparación con sus ideas previas. Duración aproximada: 10 minutos.

**Actividad N°19.** Re-creación de las fases de la mitosis con los cromosomas que construyeron, así mismo representación de estas mismas fases con una técnica kinestésica (anexo 7) aplicada para mejorar el aprendizaje de las fases de la mitosis (Solano, M.; 2008.). Podrán utilizar cualquier recurso que ellos escojan para representar las fases, se busca que se familiaricen y comprendan la segregación de cromosomas en el ciclo celular. Tiempo 30 minutos.

---

<sup>2</sup><http://www.iespando.com/web/departamentos/biogeo/web/departamento/2BCH/PDFs/18Mitosis.pdf>



## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

**Sesión 6.** Esta clase se tituló “*Control del ciclo celular*” y sus objetivos eran identificar los eventos que activan o detienen el crecimiento de las células e identificar las proteínas importantes en la progresión del ciclo celular.

Tiempo que duró la sesión: 1 hora.

#### **Actividades de la sesión:**

**Actividad N° 20:** Exposición oral de los conceptos por parte del profesor. Tiempo aproximado: 20 min.

**La actividad N° 21:** Se realizaron ejercicios de elaboración de esquemas de células en diferentes fases de mitosis con papel y lápiz. Esta actividad buscaba conocer la comprensión de las fases de la mitosis. El profesor planteó el ejercicio en el que proponía esquematizar una célula en alguna de las fases de la mitosis y con un número cromosómico específico, y de manera individual el estudiante trataba de resolverlo. Al final se socializó la respuesta en el tablero. Duración aproximada: 25 minutos.

**Actividad N° 22:** Taller N° 2 sobre control del ciclo celular (anexo 8). El objetivo era reforzar y aclarar algunos elementos del ciclo celular. Se trabajó en grupos (3 personas). Tiempo de duración: 15 minutos.

**Actividad N° 23:** Socialización y aclaración de dudas.

**Sesión 7.** Esta clase se tituló “*Ciclo celular y muerte celular*”, su objetivo era describir la relación del ciclo celular y los procesos que definen la muerte de la célula.

Tiempo que duró la sesión: 1 hora

**Actividades de la sesión:**

**Actividad N° 24:** Exposición oral de los diferentes tipos de muerte celular por parte del profesor. Esta actividad buscaba aclarar a los estudiantes conceptos científicos de difícil comprensión (apoptosis, necrosis...etc.) y hacerlos más asequibles para ellos. Tiempo de duración: 20 minutos.

**Actividad N° 25:** Trabajo en grupo. Se conformaron grupos de tres estudiantes y se les brindó bibliografía actualizada para las lecturas sobre los temas de muerte celular y ciclo celular (*Muerte celular programada. Revisión del paradigma apoptosis-necrosis y formas alternativas de muerte celular<sup>3</sup>, el suicidio y la muerte celular<sup>4</sup>*).

**Actividad N° 26:** Socialización y aclaración de dudas. Tiempo de duración: 10 minutos.

**Sesión 8.** Esta clase se tituló “¿Qué hemos aprendido del ciclo celular?” y sus objetivos fueron identificar conocimientos logrados de los estudiantes sobre el ciclo celular y explorar formas de representación y comunicación alrededor de esta temática. Para esta actividad los estudiantes realizaron una animación y se llevó a cabo la tercera entrevista semi-estructurada; además se les solicitó que realizaran la socialización del proceso de representación de sus modelos mentales.

Tiempo que duró la sesión: 2 horas

---

<sup>3</sup><http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/histologia/apoptosis.pdf>

<sup>4</sup><http://www.rac.es/ficheros/doc/00553.pdf>

**Actividades de la sesión:**

**Actividad N° 27:** Verbalmente (el profesor y los estudiantes) formularon preguntas sobre las dificultades para entender de manera general el ciclo celular y su importancia en los organismos pluricelulares; de esta manera se detectó cuáles son los inconvenientes más comunes e ideas de difícil comprensión por parte de los alumnos. Tiempo estimado: 30 minutos.

**Actividad N° 28:** Los estudiantes crearon su representación (explicitación de modelo mental) sobre el ciclo celular; de manera individual cada estudiante en su computador haciendo uso de los *software* creó una animación de lo que para él/ella era el ciclo celular y lo envió al correo del profesor o lo entregó en una memoria *USB* al terminar esta actividad. Entre profesor y estudiantes establecieron diferencias entre los modelos de ésta y de la primera sesión. Esta actividad tardó aproximadamente 40 minutos.

**Actividad N° 29:** Explicación de la construcción del modelo mental. Se pidió a algunos estudiantes explicar por qué y cómo construyeron su modelo mental. Para esto se hizo uso de la entrevista 3 (anexo 9); en la que el profesor orientó con unas preguntas al estudiante sobre la construcción de su animación, lo que quiso representar con ella, los conceptos nuevos que incluyó y otros que haya eliminado. Duración aproximada: 40 minutos.

**Actividad N° 30:** Se resolvieron inquietudes y elaboraron conclusiones. Tiempo de duración: 10 minutos.

**Sesión 9.** Esta clase se tituló “¿Cómo se ha representado el ciclo celular?” y su objetivo era describir la relación del ciclo celular y los procesos vitales de los organismos.

Tiempo que duró la actividad: 1 hora.

**Actividades de la sesión:**

**Actividad N° 31:** Exposición oral de los conceptos por parte del profesor apoyado en diapositivas y animaciones. En esta clase el profesor hizo uso de una presentación en *PowerPoint* y de diversas animaciones sobre el ciclo celular con el propósito de ilustrar a los estudiantes sobre diferentes maneras de representar este proceso. Esta actividad tardó aproximadamente 20 minutos.

**Actividad N° 32:** Análisis de documental. En la clase se observó un documental sobre "*la vida de la célula*"<sup>5</sup> y se generó una discusión acerca de cómo los estudiantes relacionan los aspectos teóricos tratados en clase con lo visto en el documental. Esta actividad buscaba que los estudiantes identificaran en este documental los procesos fundamentales en la vida de la célula y observaran de manera gráfica muchos de los conceptos teóricos vistos en clase. Duración aproximada: 20 minutos.

**Actividad N° 33:** Elaboración de un ensayo. De manera individual los estudiantes realizaron un ensayo sobre lo visto en el video y su relación con los conceptos teóricos vistos en clase, buscando identificar qué elementos son importantes o más relevantes para ellos en el entendimiento de los procesos celulares. Esta actividad duró 20 minutos aproximadamente.

**Sesión 10.** Esta clase se tituló "*La vida de la célula*" y su objetivo era comprender todos los componentes del ciclo celular y cómo se relacionan entre sí.

Tiempo que duró la sesión: 1 hora 45 min.

---

<sup>5</sup><http://www.youtube.com/watch?v=iMvoDmxajI8>

**Actividades de la sesión:**

**Actividad N° 34:** Presentación por parte del profesor de diferentes tipos de animaciones que mostraban la complejidad del proceso de ciclo celular, incluyendo particularmente la mitosis y la meiosis. Con esta actividad se pretendía favorecer la comprensión de la división celular gracias a recursos multimediales que facilitan la representación de este proceso. Duración aproximada: 30 minutos.

**Actividad N° 35:** Caracterización de imágenes celulares. Se propuso a los estudiantes que se reunieran en grupos (3 estudiantes) y realizaran un documento de imágenes microscópicas del ciclo celular buscadas en internet y las clasificaran en las diferentes fases. El objetivo de esta actividad consistía en que los estudiantes identificaran las características fundamentales de la célula en división, aunque estas sean representadas de manera diferente en las imágenes encontradas en internet. Duración aproximada: 30 minutos.

**Actividad N° 36:** Modelos de cromosomas, aciertos y desaciertos. Los mismos grupos hicieron una búsqueda en internet durante 15 minutos, de diferentes modelos 3D o interactivos del ADN y cromosomas mitóticos disponibles en la red, los compartieron con sus compañeros y los relacionaron con el ciclo celular y destacaron qué elementos acertados y carencias tienen esos modelos. Duración aproximada: 30 minutos.

**Actividad N° 37:** Socialización y solución de dudas. Duración: 15 minutos aproximadamente.

**Sesión 11.** Esta clase se tituló *“El fin del ciclo celular”* y sus objetivos eran analizar y entender las diferentes causas que llevan a que una célula termine su ciclo vital y muera, y reconocer la muerte celular como la causante de alteraciones funcionales y estructurales en los organismos.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Tiempo que duró la sesión: 1 hora y 30 min.

### **Actividades de la sesión:**

**Actividad N° 38:** Exposición oral de los conceptos por parte de los estudiantes apoyados en animaciones y diapositivas. Con esta actividad se buscaba que los estudiantes conocieran y comprendieran los cambios fisiológicos y morfológicos sufridos por la célula cuando experimenta los procesos de muerte celular e identificaran a qué fenómenos se deben estas transformaciones. Tiempo de duración: 30 minutos.

**Actividad N° 39:** Usando animaciones. Se le solicitó a los estudiantes que en parejas buscaran en internet imágenes, videos o animaciones sobre los procesos de muerte celular y enfermedades relacionadas con la alteración o presencia apoptosis y la necrosis, estableciendo similitudes y diferencias entre éstos; con el propósito de que comprendieran la relación entre muerte de la célula y el impacto en los organismos pluricelulares; esperando además que perfeccionaran su procedimiento de búsqueda en la red para ser más eficientes en la obtención de información. Tiempo de duración: 25 minutos.

**Actividad N° 40:** Creación de diversas formas celulares. El profesor propone a los estudiantes la construcción de una presentación de *Power Point* (o modelo en 3D) de una célula en apoptosis, una en interfase y otra en mitosis para compararlas morfológicamente. Tiempo de duración: 20 minutos.

**Actividad N° 41:** “¿Porque las células no son eternas?”. El profesor indagó de forma verbal en algunos estudiantes sobre las causas de la muerte celular y su importancia en los organismos pluricelulares. Tiempo de duración: 15 minutos.

**Sesión 12.** Esta clase se tituló “*Modelo mental final de ciclo celular*” y su objetivo era crear modelos mentales de ciclo celular utilizando animaciones.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

Tiempo que duró la sesión: 1 hora 45 minutos.

#### **Actividades de la sesión:**

**Actividad N° 42:** Externalización de los modelos mentales. El profesor pidió a los estudiantes que de manera individual elaboraran su representación del ciclo celular, utilizando los *software paint, power point, entre otros*, y grabaran la animación con el programa *Camtasia*. Y al final de la actividad la enviaran al correo del profesor o la entregaran en una memoria *USB*. Duración: 45 minutos aproximadamente.

**Actividad N° 43:** *¿Comprendo el ciclo celular?* Se pidió que algunos estudiantes explicaran por qué y cómo construyeron su modelo, después de haber visto animaciones y otros elementos multimedia. Se realizaron preguntas orientadoras en la entrevista número 4 (anexo 10), para evidenciar alguna modificación en el modelo mental de los estudiantes que permita identificar evolución. Tiempo de duración: 45 minutos.

**Actividad N° 44:** Se resolvieron inquietudes y elaboraron conclusiones. Tiempo de duración: 15 minutos.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

En la tabla 7 se muestra una síntesis de la propuesta didáctica implementada en el aula, haciendo referencia específicamente al número y nombre de cada sesión, así como las actividades realizadas en cada una de éstas.

SESIÓN	TÍTULO	ACTIVIDADES
Nº 1	¿Qué sabemos del ciclo celular?	nº1 Observar y analizar imágenes de células en diferentes etapas del ciclo nº2. Realizar preguntas sobre la temática nº3.Externalización del modelo mental sobre el ciclo celular nº4. Explicar por qué y cómo construyeron su modelo mental (entrevista 1). nº5. Resolver inquietudes y elaborar conclusiones
Nº 2	Introducción al ciclo celular	nº6 presentación oral de los contenidos del ciclo celular nº7 Construcción de un mapa conceptual nº 8 lectura y análisis de experimento clave . Nº 9 Socialización y solución de dudas
Nº 3	La interfase	nº 10 Lectura del texto “el ciclo celular nº 11 Taller 1 para reforzar conceptos claves nº 12. Exposición oral nº13 Socialización y solución de dudas
Nº 4	Cromosomas mitóticos	nº 14. Exposición oral de los conceptos por parte del profesor nº15. Construcción de modelos de cromosomas mitóticos nº 16. Entrevista 2 sobre la importancia, estructura y forma de los cromosomas
Nº 5	La mitosis	nº17. Exposición oral de los conceptos por parte de los estudiantes nº 18. Lectura de texto. nº19. Recreación de las fases de la mitosis con los cromosomas que construyeron

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

<b>Nº 6</b>	Control del ciclo celular	<p>nº20. Exposición oral de los conceptos por parte del profesor</p> <p>nº21. Elaboración de esquemas en diferentes fases del ciclo celular</p> <p>nº22. Taller 2 sobre control del ciclo celular</p> <p>nº23. Socialización y aclaración de dudas</p>
<b>Nº 7</b>	Ciclo celular y muerte celular	<p>nº24. Exposición oral</p> <p>nº25. Lectura y síntesis de los procesos de muerte celular.</p> <p>nº26. Socialización y aclaración de dudas</p>
<b>Nº 8</b>	¿Qué hemos aprendido del ciclo celular?	<p>nº 27. discusión previa</p> <p>nº 28. Animación (explicitación de modelo mental) sobre el ciclo celular</p> <p>nº 29. Explicación por qué y cómo construyeron su modelo mental (entrevista 3).</p> <p>nº 30. Resolver inquietudes y elaborar conclusiones</p>
<b>Nº 9</b>	Cómo se ha representado ciclo celular	<p>nº31. exposición oral de los conceptos por parte del profesor apoyado en diapositivas y animaciones</p> <p>nº32. Análisis del documental sobre la “vida de la célula”.</p> <p>nº 33. Elaboración de un ensayo</p>
<b>Nº 10</b>	La vida de la célula	<p>nº34. Presentación de animaciones sobre el ciclo celular</p> <p>nº35. Caracterización de imágenes celulares</p> <p>nº36. Búsqueda y análisis de diferentes modelos 3D o interactivos del ADN y cromosomas</p> <p>nº37. Socialización y solución de dudas.</p>
<b>Nº 11</b>	Muerte celular	<p>nº 38. Exposición de los estudiantes sobre muerte celular, apoyados en animaciones y diapositivas.</p> <p>nº39. Búsqueda y análisis de imágenes, videos o animaciones sobre los procesos de muerte celular y enfermedades relacionadas</p> <p>nº40. Construcción de una presentación de PowerPoint (o modelo en 3D) de una célula en apoptosis</p> <p>nº 41. Preguntas sobre la muerte celular</p>

<b>Nº 12</b>	Modelo mental final de ciclo celular	n°42. Externalización de los modelos mentales de los estudiantes. n°43. Explicación por qué y cómo construyeron su modelo mental.(entrevista 4) n°44. Resolver inquietudes y elaborar conclusiones.
--------------	--------------------------------------	---

Tabla 7. Síntesis de la propuesta didáctica implementada en la investigación.

Al terminar la implementación de esta propuesta didáctica se realiza un análisis cualitativo de la información obtenida en el estudio a partir de las diferentes técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de la información. En el siguiente capítulo se presentan estos resultados y su correspondiente análisis.

## CAPÍTULO 7.

### DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en el estudio y su respectivo análisis con base en la valoración de cada objetivo específico asociado con la Teoría de los Modelos Mentales y el referente teórico de las *Mindtools*. Se muestra el análisis de los datos colectados a lo largo de la implementación de la propuesta didáctica, haciendo una síntesis interpretativa de la información obtenida para cada uno de los casos analizados a partir de la observación participante, el diario de campo, las entrevistas y las producciones realizadas por los estudiantes. El análisis cualitativo de la información obtenida se hace mediante la categorización, codificación, interpretación y descripción de ésta; teniendo en cuenta, entre otros elementos, el aspecto puramente emotivo, como son las reacciones y actitudes de los estudiantes frente a las actividades que involucraban el uso de TIC, que de alguna manera dan indicios de su aceptación o rechazo.

A continuación se presenta la información obtenida para cada uno de los cinco estudiantes considerados como los casos de análisis de este estudio.

#### **Análisis de resultados, caso 1.**

El caso 1 es una estudiante de 18 años, que tuvo un muy buen desempeño en la asignatura fundamentos de biología, prerrequisito para el curso de biología celular; en general tiene un buen rendimiento académico, habitualmente no utiliza recursos TIC para sus labores académicas pero no tiene ningún tipo de predisposición hacia su uso, ya que estuvo siempre muy dispuesta al trabajo con estas herramientas tecnológicas en la propuesta didáctica aplicada en esta investigación..

## **Análisis de las categorías para la estudiante 1**

**Categoría: Evolución de Modelos mentales sobre ciclo celular.**

**Subcategoría: Características de los modelos mentales iniciales sobre ciclo celular (M1).**

Buscando explorar las ideas previas que tenía la estudiante (E1) sobre ciclo celular, y de esta manera tratar de reconocer las características de sus concepciones iniciales sobre este tema, se realizaron actividades que permitieron identificar estos conceptos y la exteriorización de los modelos iniciales de ciclo celular. Se destacó que al observar las imágenes de células presentadas por el profesor en la actividad uno (A1), la estudiante reconocía rápidamente las células que estaban en mitosis, y particularmente solo identificaba esta fase del ciclo celular, lo que se vio evidenciado en expresiones como:

- *“Se ve que algunas células están en mitosis... en división celular”* (E1A1).<sup>6</sup>

Pero al preguntarle entonces si podía identificar en qué fase de la mitosis las veía, la estudiante manifiesta no saber, pero asegura que hay unas que están en división y las otras no; mostrando así que en ella el concepto de ciclo celular está muy relacionado con la división celular. En cuanto a la importancia del ciclo celular en conformación de los organismos pluricelulares, la estudiante reconoce que gracias a este proceso es como se conforma el cuerpo humano.

- *“... pienso que el cuerpo humano se origina desde otra célula que se formó desde el espermatozoide y el óvulo.”* (E1A2).

---

<sup>6</sup>La letra E corresponde al caso y la letra A la actividad que se realizó. Así para todos los casos y actividades.

Este aspecto es muy relevante ya que con esta idea la estudiante demuestra que relaciona ideas como crecimiento celular, división y generación de tejidos.

De manera coherente con estas ideas previas que tiene la estudiante acerca del ciclo celular, y la animación (E1A3) que construye sobre este, que se muestra en la figura 3, se centra principalmente en el proceso de mitosis, desconociendo procesos previos de preparación para este proceso o demás elementos del ciclo celular, lo que se pone de manifiesto una vez más al realizar la entrevista 1 (E1A4), en la que reafirmó que para ella el ciclo celular es equivalente a mitosis; como puede verse en el siguiente fragmento:

**Profesor:** “¿Reconoces pasos o fases en tu animación de ciclo celular?”

**Estudiante 1:-** “Sí. Mitosis y la meiosis, la metafase, la anafase...”

**P:-** “¿Toda la representación que hiciste es mitosis?”

**E1:-** “¡Sí!”

Esta respuesta tan categórica conlleva a pensar que el concepto de división celular como equivalente a ciclo celular está fuertemente arraigado en esta estudiante.

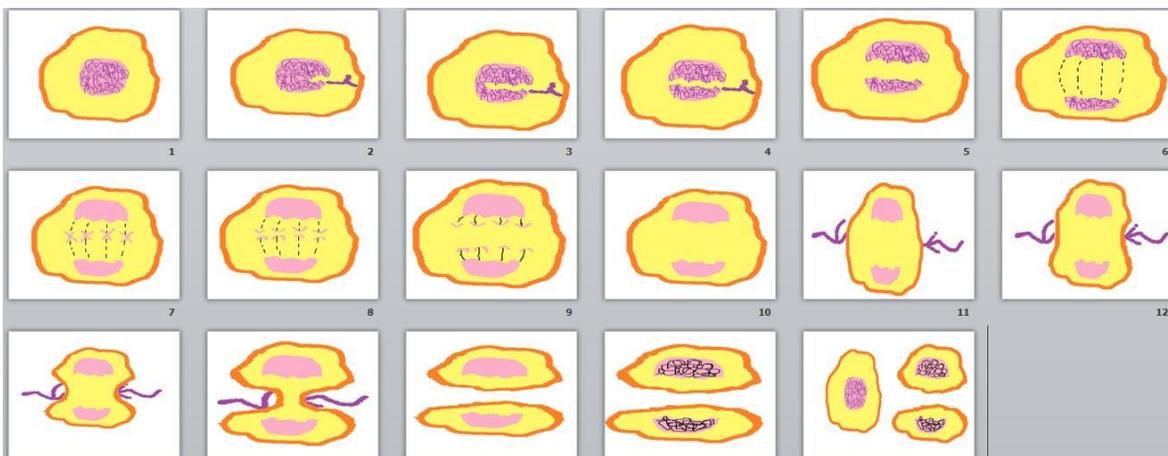


Figura 3. Secuencia de imágenes de la primera animación construida por E1.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

Particularmente en lo que se refiere al proceso de mitosis, esta estudiante reconoce elementos fundamentales de este proceso, mostrando que la representación de modelo mental previo que tiene sobre mitosis, es coherente con algunos elementos del modelo conceptual, pero existen algunas inconsistencias que son develadas en la entrevista y que son presentadas en la tabla 8.

Algunos elementos de la mitosis	Elementos consistentes e inconsistentes con el modelo conceptual
	<b>Consistencias</b>
<b>huso mitótico</b>	<i>"[...] esos cositos negros son el huso acromático que ayuda a separar los cromosomas."</i>
<b>la presencia y migración de cromosomas</b>	<i>"los cromosomas se reparten a las células nuevas."</i>
<b>la presencia de demás organelas en el proceso</b>	<i>"[...] hay muchas otras cosas... otras estructuras básicas: Núcleo, citoplasma, membrana, organelas... pero en pocos minutos no alcanzamos a representarlo todo."</i>
	<b>Incongruencias</b>
<b>citocinesis</b>	<i>"[...] la división del citoplasma se da por proteínas externas que van a ayudar a la citocinesis"</i>
<b>descondensación de la cromatina</b>	<i>"[...] luego de esta fase, los cromosomas ya se fueron"</i>

Tabla 8. Concepciones de E1 sobre mitosis

Para esta estudiante el ciclo celular es un proceso fundamental en la estructuración de los organismos pluricelulares, reconoce que es indispensable la generación de nuevas células a partir de células preexistentes para el mantenimiento de los organismos, como plantea la teoría celular; para ella hay una constante regeneración de células en la vida de los organismos y expresiones como estas dan cuenta de ello:

"El ciclo es que las células hijas también se reproducen, la célula madre puede morir, pero quedan las células hijas que se reproducen, puede que la mamá se

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

muera pero quedan las otras hijas y así. ” (E1A4), Y al indagar sobre la importancia del ciclo celular para la existencia de los seres vivos tiene claro que: “[...] si las células no se reproducen no podríamos ser nada, porque si las células no se reproducen no seríamos ni siquiera individuos.” (E1A4).

En lo que concierne a la primera subcategoría de análisis (M1), es evidente que para esta participante su representación de modelo inicial de ciclo celular es equivalente al concepto de mitosis, y está alejado del modelo conceptual que se plantea para este proceso.

### **Subcategoría: Estrategias que influyen en la transformación de los modelos mentales (M2).**

Con el inicio de las actividades de la propuesta didáctica, se trató de identificar las estrategias que podrían estar influenciando modificaciones de la exteriorización del modelo inicial sobre ciclo celular que tenía ésta estudiante, y de esta manera valorar el aporte de las diferentes actividades planteadas a la evolución en la elaboración del modelo mental que tiene ahora sobre ciclo celular.

La presentación del tema de ciclo celular por parte del profesor de manera magistral, generó en la estudiante reacciones, actitudes y expresiones que sugerían que la estudiante comenzaba a comprender que el concepto de ciclo celular era diferente al de mitosis y que ésta solo era una etapa dentro del proceso del ciclo; esta aclaración se reforzó al plantearles una actividad que requería la construcción de un mapa conceptual a partir de los conceptos abordados en la clase magistral (E1A7). El grupo en el que se encontraba esta estudiante esquematizó un mapa en el que claramente separaban la mitosis de la interfase; de manera acertada sintetizaron la información ofrecida en la explicación teórica

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

(Figura 4), evidenciando el reconocimiento de otros elementos en el ciclo celular más allá de la mitosis. Gracias al taller 1 (A11) se pudo percibir que la estudiante ya identificaba otras fases que plantea la teoría sobre el ciclo celular; evidencias que se presentan en la tabla 9.

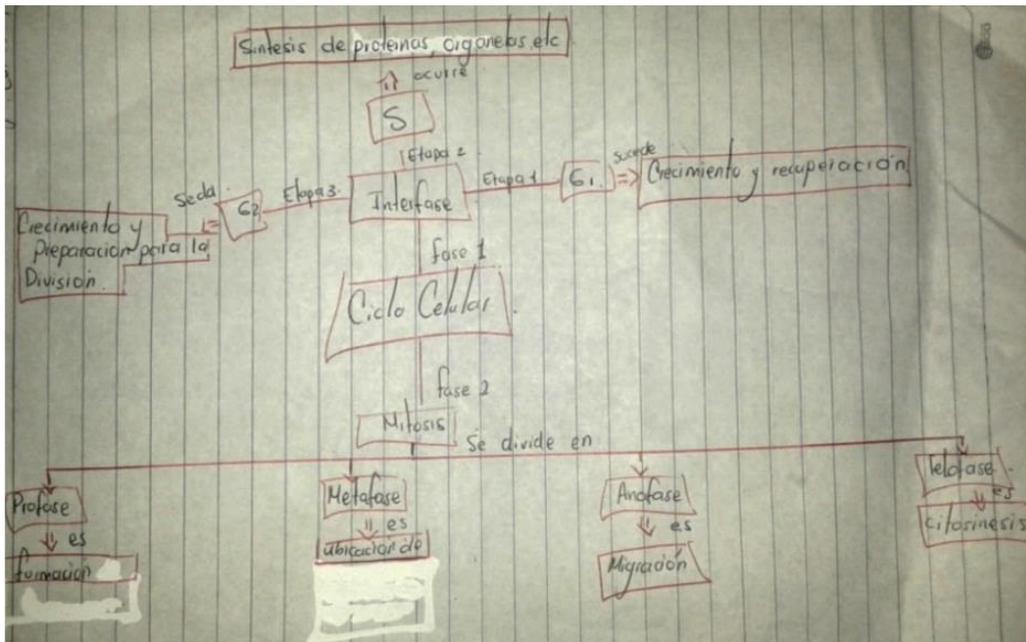


Figura 4. Mapa conceptual construido por E1 y sus compañeros.

De igual manera al realizar discusiones y resolver inquietudes sobre las lecturas planteadas para las actividades 8 (A8) y 10 (A10) y el taller 1, se pudo percibir que esta estudiante integraba nuevos elementos conceptuales a su idea general de ciclo, como fueron la regulación del ciclo por medio de ciclinas; lo que se evidenció en declaraciones como: “las quinetas son proteínas de control, pues toman las decisiones del control del ciclo” (E1A11) , y al cuestionarle si era necesaria la participación de agentes externos para que una célula active su proceso de ciclo celular, la estudiante respondió “– sí, estímulos que les permitan

*pasar de un estado inactivo a uno activo” (E1A11).*

Tabla 9. Descripciones del ciclo celular de la E1 en la actividad 11

<i>Etapas del ciclo</i>	<i>Expresiones de la estudiante 1 sobre las características del proceso (E1A11)</i>
<i>G0</i>	<i>“[...] es el estado en que ya las células están cumpliendo las funciones para las que están destinadas [...]”</i>
<i>G1</i>	<i>“[...] en esta etapa se decide si la célula continua avanzando en el ciclo o no, la célula crece [...]”</i>
<i>S</i>	<i>“[...] en esta se duplica el ADN [...]”</i>
<i>G2</i>	<i>“[...] se desarrollan totalmente todas las moléculas que van a participar en la mitosis [...]”</i>
<i>M</i>	<i>“[...] acá ocurre la división celular..., en esta los cromosomas deben estar duplicados..., la mitosis tiene etapas: profase, metafase, anafase y telofase..., las células hijas que provienen de esta fase entran de nuevo a G1 [...]”</i>

La comprensión del concepto de cromosoma juega un papel importante en la estructuración del modelo mental sobre ciclo celular, por lo tanto la actividad 15 (A15) que consiste en construir con elementos como alambre, plastilina, entre otros un modelo de cromosoma mitótico, y la actividad 16 (A16), que se refiere a una entrevista alrededor de la construcción de éste y los conceptos previos alrededor de este elemento celular; apuntan a favorecer y consolidar el aprendizaje del concepto de cromosoma. El modelo de cromosoma mitótico que construyó la estudiante, como puede verse en la figura 5 (A15), es consistente con los conceptos teóricos y representa las partes importantes de este elemento celular como es el centrómero, los telómeros y proteínas histonas. En cuanto al discurso de la estudiante para explicar la importancia del cromosoma, demuestra que reconoce la relevancia de esta estructura celular en todos los organismos vivos, además dio a entender que tiene claro que todos los organismos poseen diferente cantidad de cromosomas, y que esto se puede explicar “*por los*

*diferentes procesos de los organismos más complejos*” (E1A16), mostrando que relaciona el cromosoma con el funcionamiento de los seres vivos.



Figura 5. Representaciones de cromosomas mitóticos de E1.

Cuando fue indagada sobre la cantidad de cromosomas en la célula de un mismo organismo diploide, la estudiante respondió que: “Las células somáticas tienen diferente número de cromosomas que los gametos que tienen *la mitad*” (E1A16), consideración atinada que fue complementada al afirmar que en un mismo organismo diploide cada célula tiene diferentes tipos de cromosoma; pero que entre el mismo tipo de cromosoma hay de origen paterno y materno, “estos son iguales pero con diferente información” (E1A16). Si bien la estudiante demostró un dominio en lo que se refiere al concepto de cromosoma, permanecen algunas inconsistencias en lo que se refiere a la relación entre los conceptos de gen y cromosoma.

En lo que concierne particularmente a la mitosis, periodo del ciclo celular en el que se han percibido dificultades en su entendimiento, la estudiante al realizar la actividad 17, en la que utilizando los cromosomas construidos, diseña diferentes fases de la mitosis, (A17) identifica y representa bien las fases de la mitosis, pero en el momento de la segregación de los cromosomas a las células nuevas, permanecen en ella confusiones sobre cuántos y cuáles cromosomas están en las

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

células nuevas, lo que pudo verse cuando al indagarle si las células nuevas que se estaban generando en la telofase poseían los pares cromosomas homólogos, dijo que *“en las células nuevas solo hay un cromosoma de cada tipo”*(E1A17). Esta dificultad se ve evidenciada de nuevo al proponer a la estudiante que dibuje la anafase (A22), y represente una separación incorrecta de las diadas, como se ve en la figura 6.

La muerte celular es un proceso esencial en los organismos pluricelulares, y al presentar los conceptos fundamentales de este proceso, puede percibirse en la discusión final de la clase (A27), que a la estudiante se le dificulta entender este mecanismo, ya que según ella *“en los documentos de trabajo hay conceptos y palabras que no conoce, ni comprende”* (E1A27), y aunque se trabajan en clase son *“complicados y complejos para entender”* (E1A27), pero se concientizó de que la muerte celular es un proceso natural y necesario en el desarrollo de los organismo vivos.

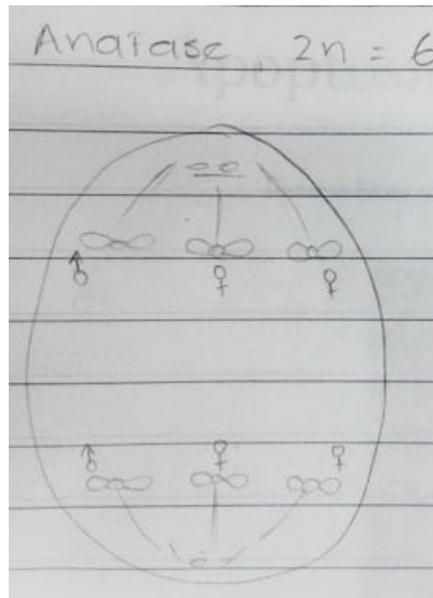


Figura 6. Representación de E1 sobre la anafase.

Esta construcción del concepto de ciclo celular que se fue realizando con los estudiantes permitió que ella procesara y seleccionara nuevos elementos que enriquecieran su exteriorización de modelo mental, como puede verse en la figura 7 (E1A29).

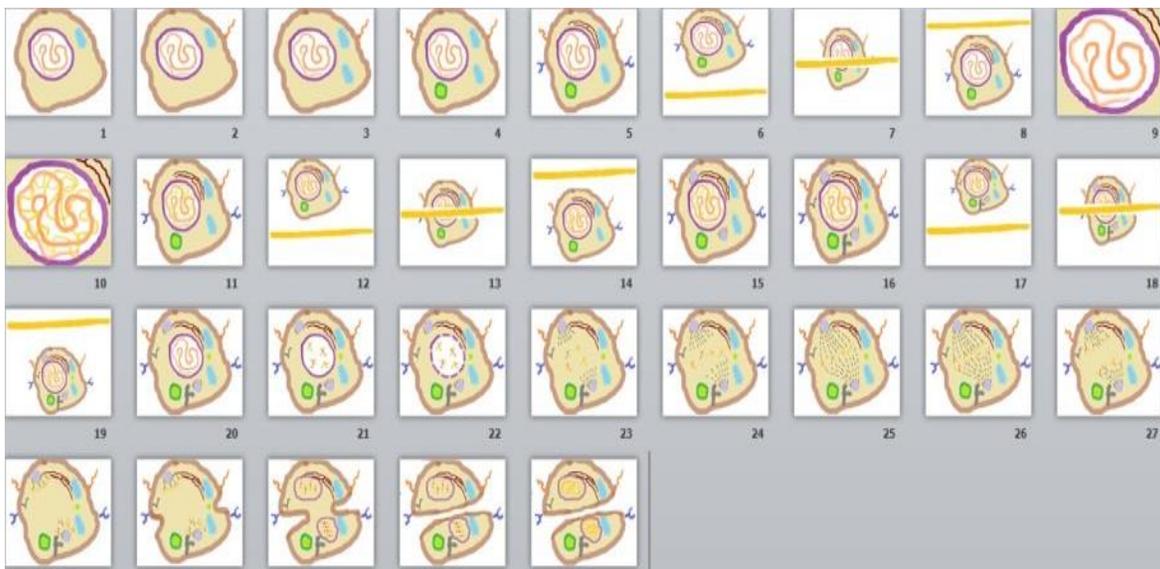


Figura 7. Secuencia de imágenes de la segunda animación construida por E1.

Al crear su nueva animación (A29), la estudiante tiene en cuenta todas las fases del ciclo celular a diferencia de su modelo inicial; muestra elementos acertados y que dan cuenta de que la exteriorización de su modelo es más funcional, logrando explicarlo con mayor facilidad. En la tabla 10 se sintetizan algunos elementos que aparecieron en su nueva representación y otros que aún no son claros para la estudiante.

<p><b>consistencias de la segunda animación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento en G1</li> <li>• Participación de ciclinas</li> <li>• La replicación del ADN en la fase S</li> <li>• La preparación para la división en G2</li> <li>• Desintegración del núcleo</li> <li>• Condensación de los cromosomas</li> </ul>
<p><b>incongruencias en la segunda animación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Migración de los centriolos</li> <li>• Procesos en la fase G2</li> <li>• Origen de las ciclinas</li> <li>• Posibilidad de la muerte celular</li> </ul>

Tabla 10. Elementos destacados de la segunda animación construida por E1.

Con el propósito de facilitar el entendimiento de algunos conceptos abstractos que componen el ciclo celular, nos apoyamos en algunas herramientas TIC, por considerar que éstas pueden favorecer las tareas de representación; como es el caso de las presentaciones en *powerpoint* (A32) y animaciones (A35) sobre el ciclo celular, para mostrarle a los estudiantes la manera en que se ha representado este proceso. Estos nuevos elementos en la clase fueron significativos para la estudiante, al escuchar de ella comentarios sobre cómo le era ahora más claro el proceso de empacamiento del ADN, la migración de los cromosomas en mitosis y cómo la nutrición celular es fundamental para que la célula transite a lo largo del ciclo celular. En este último punto sobre la importancia de la nutrición, la estudiante comento al observar una animación presentada en la clase:

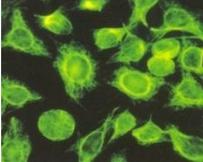
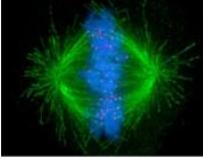
- *“La representación de las células corriendo y comiendo me ayudó a entender que la célula si no tiene todo lo que necesita no se puede dividir”* (E1A38).

Con la elaboración de las actividades 36 y 37, que consisten en la búsqueda en internet y análisis de modelos de células en ciclo y cromosomas respectivamente;

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

cuyos resultados se muestran en la tabla 11, la estudiante demostró tener dominio sobre el concepto de cromosoma y las fases del ciclo celular, tanto como para realizar críticas a modelos e imágenes encontradas en internet, identificando en qué fase se encontraba o qué tan coherentes eran con el modelo teórico y de esta manera demostrar qué tanto dominio conceptual tenía sobre el tema.

Actividades que proponen el análisis de modelos conceptuales encontrados en internet (E1A36) y (E1A37)	Figura	Expresiones de E1 consistentes con los conceptos teóricos
Clasificación de células en el ciclo celular		<p><i>“[...] esta imagen muestra la interfase ya que se ven los cromosomas en desorden en el núcleo de las células, sus núcleos se ven definidos.”</i></p>
		<p><i>“[...] se encuentra en metafase ya que podemos diferenciar los cromosomas ubicados en el plano ecuatorial, también se pueden ver los centrómeros en algunas células ubicados en el mismo lugar y también son muy visibles los centriolos ubicados en los polos de la célula. No hay núcleo definido [...]”</i></p>
		<p><i>“ [...] Representa la telofase porque se ve nuevamente en cada célula hija los cromosomas un poco descondensados, la célula está a punto de hacer citocinesis, ya se definió el núcleo en cada célula[...].”</i></p>
Modelos de cromosomas		<p><i>“[...] Este cromosoma no es tan específico como debería para mostrar cada una de las partes que se supone tiene. Empezaré anotando que se logra ver las hélices de ADN totalmente desenrolladas [...]”</i></p>

		<p><i>“[...] se puede ver por ejemplo lo que con los telómeros y los centrómeros, incluso al fondo puede observarse lo que teóricamente se conoce como constricción secundaria y satélite.”</i></p>
--	---	---

Tabla 11. Consistencias del análisis de imágenes de células y cromosomas realizado por E1.

Con las actividades 39, 40, 41 y 42 (A39, A40, A41 y A42) que se enfocaban en los procesos de muerte celular, la estudiante demostró un dominio satisfactorio sobre este concepto, ella reconoce que estos procesos de muerte *“ayudan a eliminar células malas que hayan dentro del organismo”* (A39), y reconoce las diferencias principales entre una célula en apoptosis y una que está sana, como se puede ver en la figura 8.

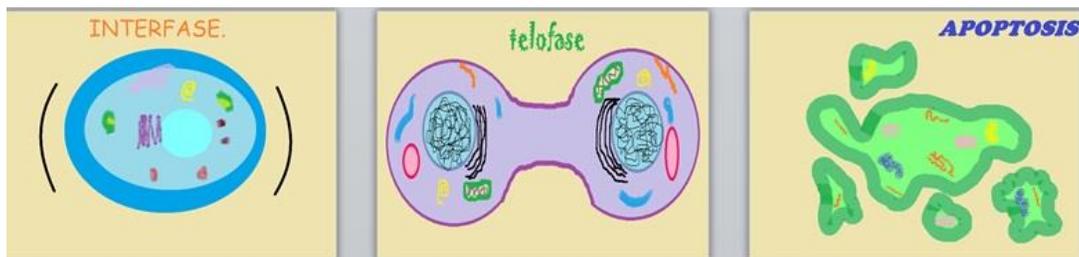


Figura 8. Comparación entre células realizado por E1 y su equipo.

Las actividades de la propuesta didáctica evidentemente influyeron la modificación progresiva del modelo mental de la estudiante, al poder ofrecerle nuevos elementos para la construcción del concepto. Destacada influencia para la evolución de la representación del modelo de esta estudiante fueron las actividades manuales, las exposiciones y documentos escritos ofrecidos por parte del profesor, destacando además la importancia que para ella tuvieron las actividades que involucraban animaciones, tanto las presentadas por el profesor para apoyar sus exposiciones como las que los estudiantes construyeron durante

el curso. Según esta estudiante estas actividades mostraban dinamismo, movimiento; característica fundamental de los procesos celulares. Estas actividades influenciaron el cambio de percepción sobre la célula, ya que para ella tenía prelación la visión estática de la misma. Las animaciones que se presentaron sobre el tema.

**Subcategoría: Aproximaciones de los modelos mentales a los modelos conceptuales (M3).**

Para el análisis de la tercera subcategoría (M3) y de esta manera tratar de identificar el aprendizaje del concepto, se comparó la exteriorización del modelo final de ciclo celular que elaboró la estudiante (E1A43) con el modelo conceptual; y como se puede ver en la figura 9 éste es equiparable con el modelo conceptual, pues tiene los elementos básicos que caracterizan el ciclo de la célula y permite explicar la función e importancia de este proceso en la vida de los organismos pluricelulares.

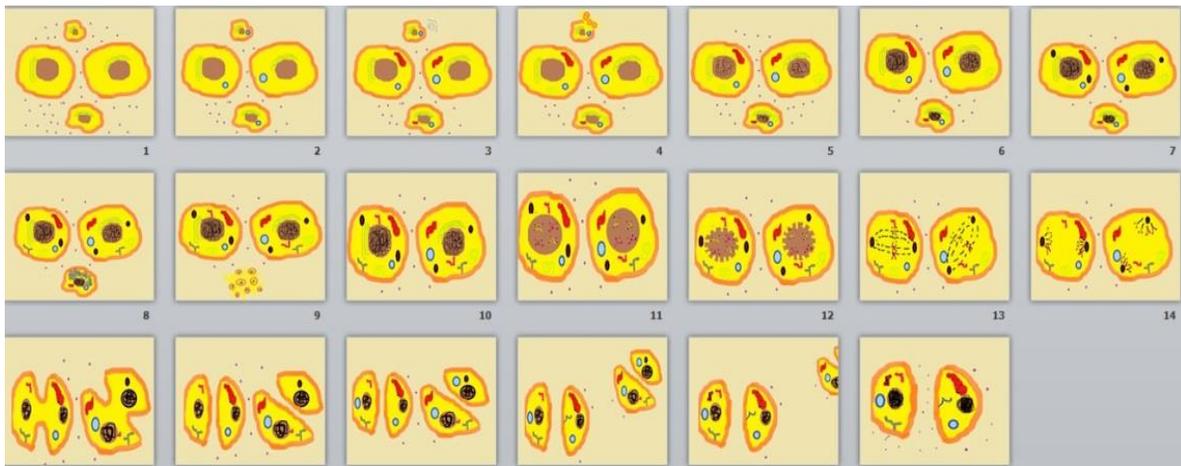


Figura 9. Secuencia de imágenes de la última animación construida por E1.

En este nuevo modelo la estudiante reconoce la importancia de los nutrientes en la supervivencia de las células, como se confirma con la expresión “ [...] esta célula no tenía casi nutrientes, así que ella recibe una señal y lo que pasa es que

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

*se destruye, y esta muerte se llama apoptosis [...]” (E1A44); al explicar una parte de su modelo están presentes todas las fases del ciclo celular y menciona también la fase G<sub>0</sub>, expresando con propiedad que es en esta fase en que “las células van a cumplir una función específica y no van a seguir en el ciclo celular.” (E1A4)*

La estudiante hace una autocrítica a su primera exteriorización ( animación) del modelo inicial de ciclo celular y se da cuenta de cómo éste ha cambiado y de las confusiones que tenía en algunos elementos, o de tantas otras características que desconocía. Esta afirmación se puede ver en el siguiente fragmento de la entrevista (E1A44).

**P:** *Piensa en el momento en que del ciclo celular, ¿Qué diferencias encuentras entre esta representación y la primera que hiciste? hiciste el primer modelo*

**E1:** *“Todo, no había hecho nada de muerte celular, no había pensado en el hecho de llevar células a G<sub>0</sub>, pues que ya ejercieron una función específica, tampoco había pensado en que necesitaban unos nutrientes para poder llevar a cabo, pues la síntesis de sus organelas y tantas cosas, entonces la diferencia entre el primero y éste es total.”*

Para ella este modelo es predictivo, ya que ante diferentes suposiciones que le son propuestas sobre alteraciones en la célula basándose en la representación de su modelo, indica qué le ocurre a la célula, si esta vive o muere y por qué, o formula algunas hipótesis. Al final la estudiante reconoce la importancia del ciclo celular en los seres pluricelulares y lo asocia principalmente con el cuerpo humano, ella manifiesta que: *“[...] la alteración del ciclo que pueden causar la muerte de una persona [...]” (E1A44)*, enfocándose principalmente en que el funcionamiento del organismo depende del funcionamiento de la célula y su ciclo, tal como propone la teoría celular.

Es evidente la evolución lograda en la construcción del modelo mental de E1 al observar las secuencias de sus animaciones y el enriquecimiento de su discurso. Su representación de modelo mental sobre ciclo celular es más explicativo y predictivo. Se ven incorporados elementos nuevos y pudo establecer un mayor número de conexiones entre ellos a medida que construyó una representación cada vez más completa y más determinada; y ésta le permitió explicar y deducir aspectos biológicos donde se ve involucrado el proceso de ciclo celular. Esta evolución fue notoriamente influenciada por diversos elementos de la propuesta didáctica, que de forma significativa transformaron sus ideas iniciales sobre el tema de ciclo celular. La estudiante admite que su aprendizaje se da de una manera muy visual, la interacción con animaciones y representaciones gráficas como apoyo en las clases, y las explicaciones del profesor tuvieron una gran influencia en el proceso de construcción de su modelo; y por ende en la comprensión y aprendizaje del ciclo de la célula.

**Categoría: Papel de las *Mindtools* en la externalización de modelos mentales**

**Subcategoría: Ventajas y limitaciones de las *Mindtools* como herramientas didácticas para la externalización de modelos mentales (H1).**

En lo que se refiere al papel de las *Mindtools* en la externalización de los modelos mentales, se analizó la primera subcategoría que busca identificar las ventajas y desventajas que la estudiante ve en las herramientas TIC que utiliza para crear su animación (H1).

Después de crear las animaciones, la estudiante resalta la facilidad de trabajar con las herramientas propuestas, dice que no hay que hacer mucho esfuerzo en aprenderlas, pues de alguna manera ya las conocía y le son familiares; ella

menciona que es importante querer hacerlo bien y que con esas herramientas le puede quedar mejor la exteriorización de su modelo. También reconoce algunas dificultades como es el cansancio que puede generar en los ojos y en los dedos, pero menciona que es *“mientras uno se va adaptando, cada vez trabaja más rápido y queda mejor”* (E1A44).

Para este caso, aunque trabajar con estas herramientas resultó ser fácil y le ofreció muchas ventajas como variedad de colores, texturas y poder crear el efecto de movimiento, reconoce que no todo está en los instrumentos para el éxito de la representación de su modelo, sino que depende mucho de los conceptos que aprende en clase o estudiando para poder tener elementos que integrar en la externalización de su modelo mental. Destaca que gracias a la construcción de la animación ella pudo *“hacer más claro el proceso y lo recordará más fácilmente”* (E1A44).

El trabajo con estas herramientas le permitió a la estudiante concebir el ciclo celular como un todo, como un proceso continuo, dado el movimiento celular aparente que se ve en las animaciones que construye, apartando las ideas de que cada etapa del ciclo está desligada entre sí.

**Subcategoría: Actitudes de los estudiantes hacia el trabajo con las *Mindtools* para la externalización de sus modelos mentales (H2).**

La segunda subcategoría de análisis para explorar el alcance de las *Mindtools* en la externalización de modelos mentales, busca identificar las actitudes de la estudiante frente al trabajo con *powerpoint* y *paint*; para ella desde el inicio hubo una actitud positiva al reconocer en esta actividad algo novedoso y que no había hecho antes, no lo tomó con preocupación expresando que *“ya conocía los*

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

*programas que íbamos a utilizar*” (E1A5), de igual manera eran programas que ella tenía en su computador y no debía descargarlos o comprarlos, esto es consecuente con la visión de Jonassen en relación con las razones prácticas que justifican la utilización de *Mindtools*, como son la poca profundidad del *software* y el bajo costo de estas herramientas.

Al iniciar la construcción de sus animaciones, siempre se mostró curiosa por encontrar elementos en el programa de *paint* que le permitiesen representar mejor lo que estaba pensando, evaluaba el color y el tipo de pincel para graficar la célula y elegía el que le era más práctico. Otro elemento importante que se pudo detectar fue que como la estudiante había adquirido mucha habilidad en el manejo de las herramientas siempre terminaba antes que sus compañeros, y esto hacía que ella revisase constantemente la representación de su modelo, reflexionando y evaluando aquello que podía ser omitido o mejorado.

La estudiante colaboraba a sus compañeros resolviéndoles inquietudes técnicas, sobre cómo borrar o dónde encontrar algún botón o comando en particular.

Un elemento muy destacado fue que para esta estudiante el alcance, potencialidades y uso de estas *Mindtools* en la creación de animaciones, fue visualizado como un recurso para ser implementado en su futura práctica docente. Asumiendo que se constituyen en elementos y prácticas que *“son muy simples de manejar y pueden generar un gran impacto en el aprendizaje”* (E1A44).

Así, entonces se pudo detectar el gran valor que para esta estudiante tienen las herramientas tecnológicas en su aprendizaje, pudiendo generar en ella una mejor comprensión del ciclo celular a través de las reflexiones y autocríticas de sus modelos al construirlos con estas herramientas. Dicha representación tiene un mayor poder predictivo y explicativo; es, consecuentemente con el modelo conceptual, más elaborado, más evolucionado.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

La experiencia con esta estudiante fue muy agradable desde el inicio, siempre se mostró dispuesta a trabajar y muy motivada, posiblemente en respuesta a lo novedoso que era para ella este tipo de intervenciones. Durante la realización de las actividades fue participativa y responsable con sus deberes; y se hizo evidente tanto para ella como para el profesor la manera en que modificó la idea que tenía sobre ciclo celular, permitiéndole sentirse finalmente satisfecha con su aprendizaje.

### **Análisis de resultados, caso 2.**

El caso 2 es una estudiante de 20 años con un desempeño aceptable en la asignatura fundamentos de biología, prerrequisito para el curso de biología celular; en general tiene un buen rendimiento académico, habitualmente utiliza recursos TIC para sus labores académicas y tiene gran habilidad en su manejo. Su disposición ante el desarrollo de las actividades con las herramientas propuestas en este trabajo fue buena desde el inicio de la intervención.

### **Análisis de las categorías para la estudiante 2**

**Categoría: Evolución de Modelos mentales sobre ciclo celular**

**Subcategoría: Características de los modelos mentales iniciales de ciclo celular (M1).**

Para identificar el modelo que tiene la estudiante sobre el proceso de ciclo celular y de esta manera reconocer con qué elementos construye este modelo y las relaciones biológicas alrededor del mismo; se inició con las actividades de la propuesta didáctica que apuntan a explorar los conocimientos que tiene la estudiante sobre el tema.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Al realizar la observación y análisis de varias imágenes de células en diferentes etapas del ciclo, a partir de la actividad 1 (A1), la estudiante dejó claro que para ella todas las células tienen un origen en una célula preexistente como se propone desde la teoría celular. Cuando se indagó sobre cómo relacionaba el ciclo celular con las imágenes que le fueron presentadas, ella supo identificar elementos fundamentales de las células, y expresó:

- *“Se ve que algunas células tienen núcleo y otras no lo tienen”* (E2A1).

A la estudiante se le dificultó identificar fases del ciclo celular, mencionó que algunas células están en mitosis pero se mostró confundida al cuestionarle sobre las características de este proceso. Sin embargo, para ella fue fácil identificar la importancia de este proceso de ciclo celular para la constitución de los seres pluricelulares y reconocer que es gracias a procesos que involucran la generación de nuevas células que se conforma el cuerpo humano. En este fragmento de una conversación que tuvo lugar en la actividad 2, puede evidenciarse lo anterior:

Profesor: - *“¿Cuál crees tú que es el origen de todas las células del cuerpo?”*

E2 - *“... La célula resultante de la fecundación, las células que están desde el embrión, éstas son las que dan origen al resto de células del cuerpo.”* (E2A2).

Se percibe que para ella el concepto de ciclo celular es desconocido y que el referente más cercano que tiene es el de división celular por mitosis.

La primera animación que construye la estudiante sobre ciclo celular (E2A3), que se muestra en la figura 10, reafirma que el concepto de ciclo celular para ella tiene el mismo significado que mitosis, y desconoce elementos y procesos importantes.

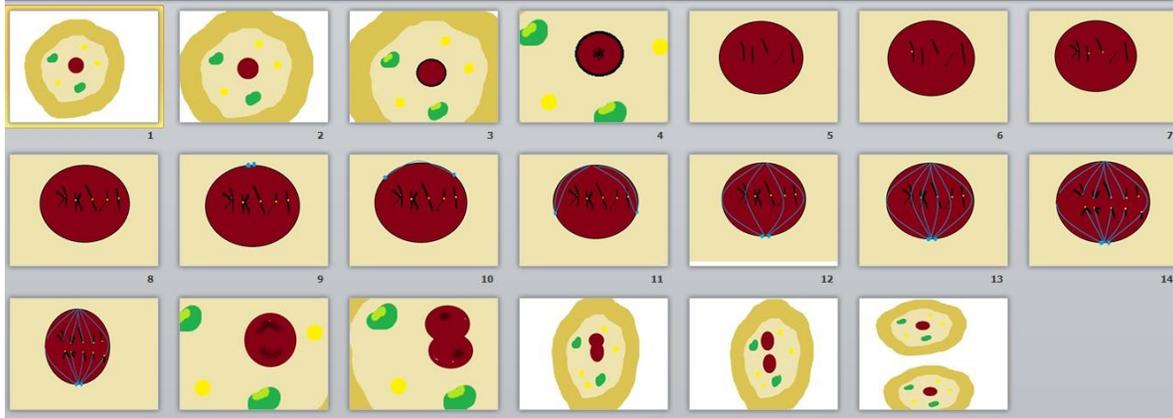


Figura 10. Secuencia de imágenes de la primera animación construida por E2.

Al indagar a través de la primera entrevista (E2A4), sobre el porqué y cómo construyó su animación, la estudiante se enfocó en hablar solamente de la mitosis recordando algunas de las etapas de este proceso, como puede verse en el siguiente fragmento de la entrevista; mitosis y ciclo celular son el mismo concepto:

Profesor: *“¿Si te hubiese pedido que en vez de crear el modelo de ciclo celular, crearas el de mitosis, hubieras creado el mismo?”*

Estudiante 2: *- “mmm (duda), pues sí...pero hubiera detallado más las fases: la metafase, la anafase...”*

En la externalización de su modelo mental se muestran algunas concepciones que son consecuentes con el modelo conceptual, aunque hay varios elementos del ciclo celular que no están presentes, ya que esencialmente la estudiante se enfoca en representar la mitosis. En la tabla 12 se resumen algunos de los elementos; y puede percibirse que le da mayor importancia a los eventos que están directamente implicados con la división de la célula, como lo es la división del citoplasma y la migración de las cromátidas en la anafase. Desde sus ideas previas se puede observar que los eventos celulares que tienen relación con la

replicación del material genético, están integrados al proceso de mitosis, idea que no es congruente con el desarrollo teórico sobre el tema.

Algunos elementos de la mitosis	Elementos consistentes e inconsistentes con el modelo conceptual
<b>citocinesis</b>	<p><b>consistencias</b></p> <p><i>“[...] la célula se comienza a estirar y al fin se generan dos células al dividirse la membrana [...]”</i></p>
<b>la presencia y migración de cromosomas</b>	<p><i>“[...] los cromosomas migran hacia los polos [...]”</i></p>
	<p><b>Incongruencias</b></p>
<b>huso mitótico</b>	<p><i>“[...] se generan a partir de un solo centriolo [...]”</i></p>
<b>Núcleo</b>	<p><i>“[...] en la mitosis en núcleo se divide en dos [...]”</i></p>
<b>replicación del ADN</b>	<p>Para ella este proceso se da durante la mitosis</p>

Tabla 12. Concepciones de E2 sobre mitosis

Las características en la representación del modelo inicial de ciclo celular que tiene esta estudiante, muestran una fuerte asociación del concepto con el proceso de mitosis, reconociendo que en el ciclo celular es necesario un proceso de división para que se generen células nuevas y de esta manera se estructure un organismo pluricelular (E2A4).

Es posible que esta equivalencia entre ciclo celular y mitosis se dé por los conceptos vistos en el curso previo de fundamentos de biología, en el cual

generalmente se trata el tema de mitosis y meiosis pero no se hace énfasis en el proceso de ciclo celular; la mayoría de apreciaciones que tiene sobre mitosis son coherentes, pero para ella el ciclo celular como tal es un concepto que permanece confuso; sin embargo, la estudiante comprende varios conceptos necesarios para estructurar el concepto de ciclo celular.

La exteriorización del modelo mental inicial de la estudiante sobre ciclo celular, es un modelo que demuestra un dominio de algunos conceptos científicos como la citocinesis y la mitosis; sin embargo se reduce al proceso de división, ignorando otros eventos y funciones del ciclo celular.

**Subcategoría: Estrategias que influyen en la transformación de los modelos mentales (M2).**

En este apartado se describe cómo fue el proceso de esta estudiante a lo largo de la propuesta didáctica y cómo la implementación de ésta influyó el aprendizaje del concepto de ciclo celular, identificando las actividades que proporcionaron de manera significativa la evolución de la construcción de su modelo mental.

Durante la presentación que hizo el profesor sobre el tema la estudiante estuvo muy atenta y se mostró reflexiva al definir los conceptos básicos del ciclo celular. Al culminar la exposición del tema formuló la siguiente pregunta:

E2: “¿El proceso de ciclo celular incluye la división celular o son conceptos separados?”

Y al darle respuesta a su inquietud se mostró sorprendida ya que para ella el proceso de mitosis era concebido como el mismo ciclo celular. Con esta primera

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

clase, en la que se dieron discusiones alrededor de los conceptos iniciales,}p que tenían los estudiantes sobre el ciclo celular, la estudiante aportó y puso en discusión sus visiones y pudo escuchar lo que pensaban sus otros compañeros; lo que ayudó a que el cambio en la percepción del concepto por E2 fuese notorio. La presentación del tema de ciclo celular por parte del profesor de manera magistral (E2A7), generó en la estudiante reacciones, actitudes y expresiones que sugerían que la estudiante comenzaba a comprender que el concepto de ciclo celular era diferente al de mitosis y que ésta solo era una etapa dentro del proceso del ciclo; esta aclaración se reforzó al plantearles una actividad que requería la construcción de un mapa conceptual a partir de los conceptos abordados en la clase magistral. El grupo en el que se encontraba esta estudiante esquematizó un mapa en el que claramente separaban la mitosis de la interfase; de una manera muy acertada sintetizaron la información ofrecida en la explicación teórica (Figura 11), evidenciando el reconocimiento de otros elementos en el ciclo celular más allá de la mitosis.

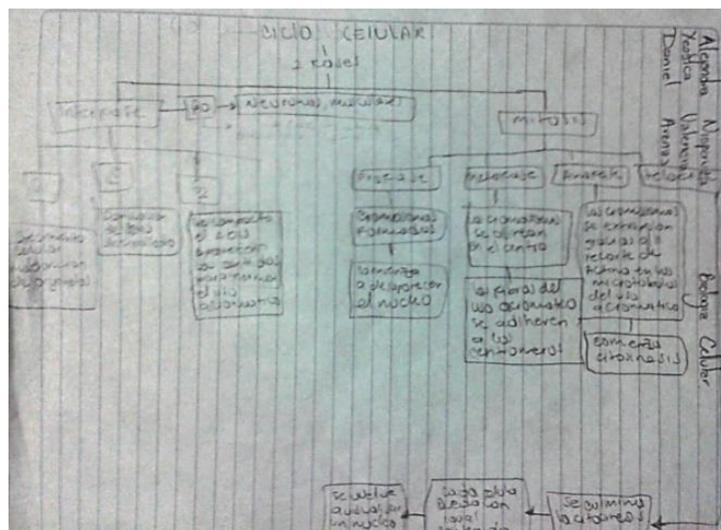


Figura 11. Mapa conceptual construido por E2 y sus compañeros.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

Gracias al taller 1, que busca fortalecer los conceptos sobre las fases del ciclo celular (A11), se pudo percibir que la estudiante ya identificaba otras fases que plantea la teoría sobre el ciclo celular; evidencias que se presentan en la tabla 13.

<i>Etapas del ciclo</i>	<i>Expresiones de la estudiante sobre las características del proceso (E211)</i>
<i>G0</i>	<i>"[...] es el estado en que ya las células están cumpliendo las funciones para las que están destinadas [...]"</i>
<i>G1</i>	<i>"[...] en esta etapa se decide si la célula continúa avanzando en el ciclo o no, la célula crece [...]"</i>
<i>S</i>	<i>"[...] en ésta se duplica el ADN [...]"</i>
<i>G2</i>	<i>"[...] se desarrollan totalmente todas las moléculas que van a participar en la mitosis [...]"</i>
<i>M</i>	<i>"[...] acá ocurre la división celular..., en esta los cromosomas deben estar duplicados..., la mitosis tiene etapas: profase, metafase, anafase y telofase..., las células hijas que provienen de esta fase entran de nuevo a G1 [...]"</i>

Tabla 13. Descripciones del ciclo celular de E2 en la actividad 11

Con las discusiones y reflexiones que se generaron en torno a lectura y análisis del experimento clave en el descubrimiento y desarrollo del proceso de ciclo celular (A8), la lectura individual del texto "el ciclo celular" (A10) y el taller 1 (A11), se identificó que la estudiante sumaba de manera coherente nuevos elementos a su idea general de ciclo celular, como por ejemplo la causalidad de la regulación del ciclo; como se ve en la siguiente expresión al cuestionarle sobre el inicio de la regulación: " *tiene que ser un estímulo externo, esto puede ser regulado por factores propios de la célula aunque cabe destacar que algunas veces éstas se pueden activar de nuevo en el ciclo celular mediante estímulos hormonales*" (E2A11). Aunque el mismo ejercicio demostró que aún permanecen confusas algunas ideas alrededor de la mitosis, Como que en esta etapa es donde se da la replicación o que es durante la metafase donde se da la descondensación de los cromosomas (E2A11).

La actividad 15 (A15) se orienta hacia el concepto de cromosoma, buscando que la estudiante reconozca su importancia durante el ciclo celular; y para esto la estudiante construyó un modelo de cromosoma que se muestra en la figura 12.



Figura 12. Representaciones de cromosomas mitóticos de E2.

Este modelo de cromosoma es consecuente con el modelo conceptual aceptado, define estructuras importantes como el superenrollamiento, cromátidas hermanas, telómeros y centrómeros, y la estudiante lo apoya con explicación verbal con la que demuestra que comprende el concepto de cromosoma.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

La estudiante reconoce características importantes de los cromosomas y marca la diferencia entre lo que es ADN y cromosomas, como puede verse en el siguiente fragmento de la entrevista 2 (E2A16).

Profesor: - *“¿para ti es lo mismo ADN que cromosomas?”*

E2: - *“el ADN es solamente la doble hélice, el cromosomas es el mismo ADN pero enrollado.”*

La estudiante reconoce la importancia de la conformación de esta estructura para que se dé una correcta separación del material genético en la división, ya que así, según ella *“está más organizado y se reparte correctamente”* (E2A16).

Cuando se le indagó sobre la presencia de los tipos y número de cromosomas en sus células, la estudiante reconoció que en ellos está la información genética para los organismos y que estos llegan a la célula a partir de una célula antecesora, pero para ella todos los cromosomas son iguales en un mismo organismo, lo que de acuerdo a la teoría es una concepción inadecuada.

También dio a entender durante la entrevista 2 que para ella todos los organismos tienen diferente número de cromosomas en las células, lo que es consecuente con la realidad, pero tiene la idea equivocada de que entre más cromosomas más complejo es el organismo.

En cuanto al proceso de división celular por mitosis, la estudiante reconoce y categoriza de manera acertada las diferentes etapas, al exponerlas con sus compañeros en la actividad 17 (A17). Por ejemplo al cuestionarle sobre la citocinesis, para ella es claro que esta se da al final de la telofase, cuando las células ya tienen nuevos núcleos, y es la división del citoplasma gracias al

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

citoesqueleto. Cuando se le preguntó por los cromosomas mitóticos en la telofase respondió “*estos ya se no se ven, porque en esta etapa ya se descondensaron*”. (E2A17). Respuesta consecuente con la teoría sobre el tema; sin embargo, el problema para ella se genera al plantearle ejercicios de mitosis con células que poseen diferentes números de cromosomas, pues aquí la estudiante se confunde al esquematizar la migración de las cromátidas en la anafase (A22), como puede observarse en la figura 13.

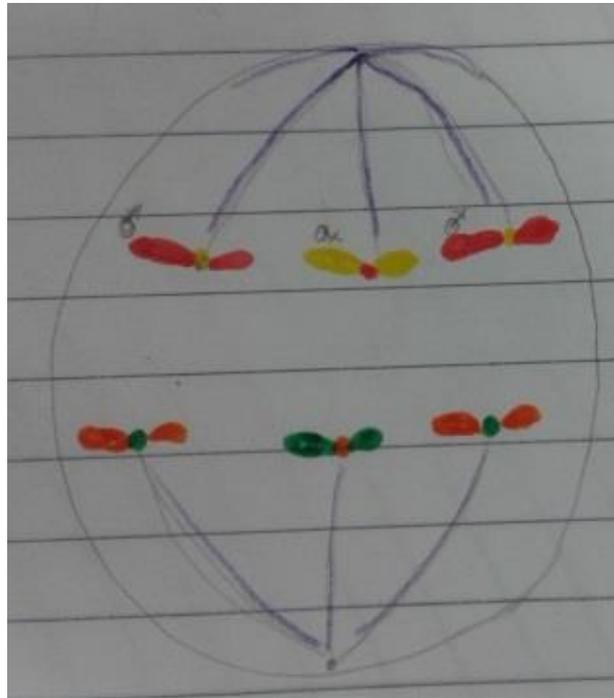


Figura 13. Representación de E2 sobre la anafase.

Uno de los procesos claves en el mantenimiento de los organismos pluricelulares es la muerte celular; y la estudiante reconoce la importancia de este proceso al hacer una presentación acertada sobre este evento celular (E2A27), identifica por ejemplo la muerte celular como un proceso necesario y de autorregulación al expresar que: - “ *la célula si no detecta nutrientes en su entorno, se estresa y*

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

*puede morir*” de igual manera apunta que: “*si a una célula la invade un virus o una bacteria la célula se muere para evitar la propagación*”, demostrando que en líneas generales comprende el proceso, pero aun manifiesta que hay muchos elementos que no comprende y dice que es necesario profundizar más porque las lecturas propuestas están un poco complicadas.

Estas actividades permitieron y facilitaron el acercamiento y comprensión de conceptos necesarios para la modificación de la exteriorización del modelo mental de la estudiante, conceptos como cromosoma y mitosis son necesarios para comprender y darle mayor funcionalidad a la representación del modelo mental, al permitirle a la estudiante establecer relaciones entre ellos y así poder utilizarlo para comprender el proceso de ciclo celular.

Después de hacer la presentación del tema y realizar varias actividades para favorecer el aprendizaje del concepto de ciclo celular, se le propuso a esta estudiante que realizara una segunda animación de su modelo de ciclo celular, y de alguna manera tratar de percibir si la intervención había proporcionado nuevos elementos para que ella modificase su representación de modelo mental. En la figura 14 se muestra la secuencia de la animación que realizó E2. (E2A29).

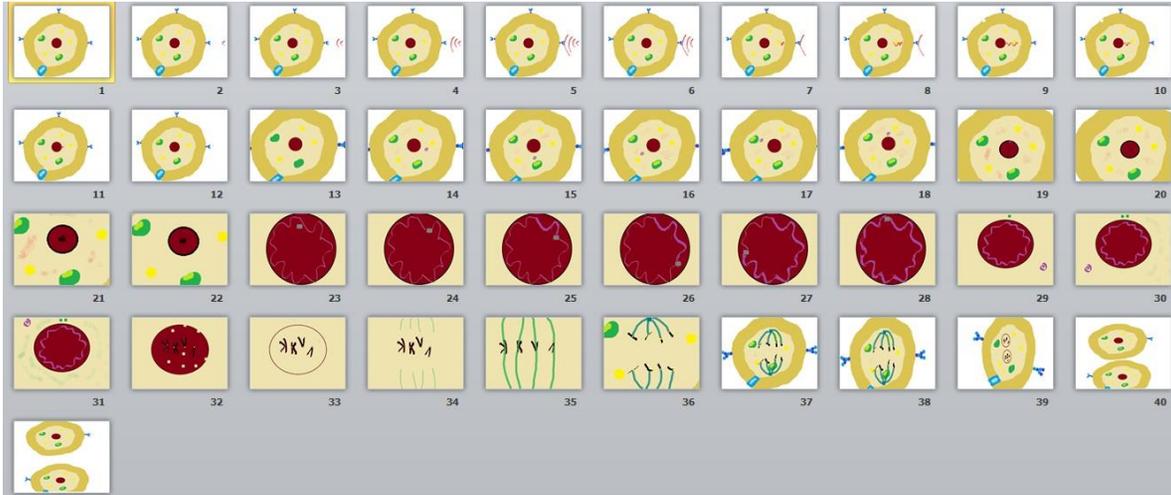


Figura 14. Secuencia de imágenes de la segunda animación construida por E2.

En esta nueva externalización de su modelo mental sobre el ciclo celular, la estudiante integra numerosos elementos que estaban ausentes en su representación de modelo inicial y que son fundamentales para la comprensión de ese fenómeno biológico, demostrando un apropiado conocimiento sobre las características de las etapas del ciclo celular, e incorporando muchos elementos nuevos con los cuales ella consiguió explicar mejor la función de ciclo de una célula.

Las consistencias e incongruencias que presenta la nueva animación de E2 con respecto al referente teórico, son recopiladas en la tabla 14.

<p><b>Consistencias de la segunda animación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Señales de activación del ciclo</li> <li>• Necesidad de nutrientes para el ciclo</li> <li>• La replicación del ADN en la fase S</li> <li>• Desintegración del núcleo</li> <li>• Condensación de los cromosomas</li> </ul>
---	--

<p><b>Incongruencias en la segunda animación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ADN circular en eucariotas</li> <li>• Procesos en la fase G2</li> <li>• Origen de las ciclinas</li> <li>• Posibilidad de la muerte celular</li> </ul>
--	--

Tabla 14. Elementos destacados de la segunda animación construida por E2.

En la tabla 14 puede verse un aumento en el número de congruencias del modelo de la estudiante, ; de tal manera que consigue establecer nuevas relaciones entre los conceptos a medida que se le fueron entregando nuevos elementos, algo que puede resultar obvio al tener mayor contacto con elementos teóricos que le permitieron enriquecer su modelo.

Buscando mejorar la comprensión de un concepto tan intangible como el ciclo celular, se apoyó la propuesta en algunos recursos de las TIC, que facilitan representar algunos de los elementos y procesos celulares y de esta manera buscaron nutrir el modelo mental de E2. Se hizo uso de presentaciones en *powerpoint* (A32) y animaciones para presentarles a los estudiantes los conceptos básicos del ciclo celular (A35). La estudiante se mostró analítica y reflexiva alrededor de las animaciones y destacó que comprendía mejor la importancia que tiene la interfase en el ciclo celular, como se pudo percibir en la siguiente expresión:

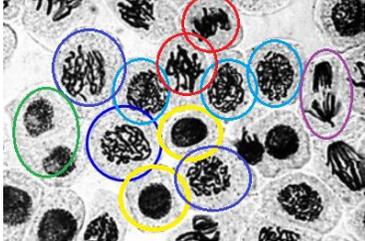
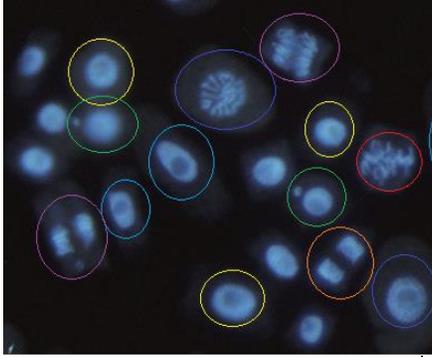
- *“La interface hace parte del proceso de ciclo celular y ésta debe estar en el proceso porque la célula debe crecer y nutrirse para poder dividirse”* (E2A38).

De igual manera las animaciones sobre el proceso de mitosis, fortaleció en la estudiante la percepción que tenía de este proceso, al poder ver en movimiento

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

los modelos conceptuales que se tienen de este proceso de división; para ella fue más claro porque de acuerdo con su expresión: “*Con esa animación veo como las diadas se van separando y van yéndose hacia los polos de manera ordenada y es muy importante el huso acromático*” (E2A38). La posibilidad de observar un modelo conceptual en movimiento y no estático, permitió que ella pudiera visualizar y analizar de una mejor manera la segregación de las cromátidas. También hizo énfasis en que los modelos conceptuales presentados en clase le permitieron comprender el empaquetamiento del ADN alrededor de las histonas para crear los cromosomas mitóticos.

Con el objetivo de percibir qué tan claro tenía la estudiante las características de las etapas del ciclo celular y de cromosoma, se plantearon las actividades 36 (Caracterización de imágenes celulares) y 37 (Modelos de cromosomas, aciertos y desaciertos), con el propósito de que la estudiante hiciera un análisis crítico de imágenes de células en el ciclo celular o modelos de cromosomas mitóticos encontrados en internet. El trabajo que realizó y que se sintetiza en la tabla 15, deja ver que la gran mayoría de reflexiones y comentarios acerca de los modelos encontrados en internet son consistentes con los modelos conceptuales propuestos; lo que permite inferir que la estudiante ha comprendido de manera satisfactoria los conceptos teóricos básicos sobre el tema.

Actividades que proponen el análisis de modelos conceptuales encontrados en internet (E2A36) Y (E2A37)	Figura	Expresiones de E2 consistentes con los conceptos teóricos al analizar imágenes y modelos encontrados en internet
Clasificación de células en el ciclo celular	 	<p><i>“[...] Interfase: vemos la célula con su núcleo definido y pareciera que está en crecimiento.</i></p> <p><i>Profase ya podemos ver los cromosomas y casi desaparecido el núcleo.</i></p> <p><i>Metafase: se pueden observar los cromosomas alineados en el plano ecuatorial de la célula.</i></p> <p><i>Anafase: podemos ver cómo los cromosomas son halados por el uso acromático, al observarse líneas mucho más oscuras, lo que indica la presencia de material celular diferente a los cromosomas, por ende el uso acromático.</i></p> <p><i>Telofase: se logran ver de nuevo los núcleos y cómo las células se están dividiendo. [...]”</i></p> <p><i>“[...]G1: son células un poco más grandes que las que no están seleccionadas (G0). Por lo tanto considero que están en esta etapa de crecimiento y nutrición.</i></p> <p><i>S: el núcleo se ve un poco más grande y con cierta zona opaca, lo que para mí Indica actividad, supongo que están en el proceso de síntesis del ADN.</i></p>

FACULTAD DE EDUCACIÓN  
Departamento de Educación Avanzada

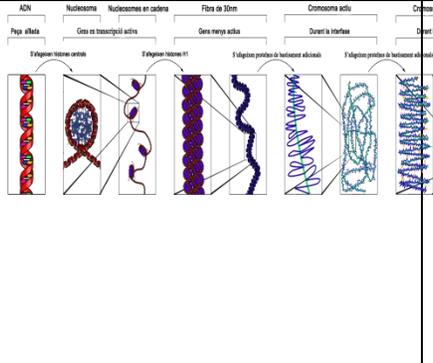
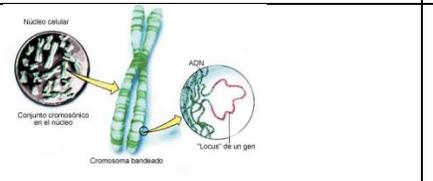
		<p><i>Metafase: vemos los cromosomas ubicados en el plano ecuatorial de la célula.</i></p> <p><i>Anafase: vemos como los cromosomas se van a los extremos y se logran ver levemente las fibras del uso acromático y en una de ellas los centriolos.</i></p> <p><i>Telofase: temprana, los cromosomas están mucho más alejados, se empieza a apreciar el núcleo de manera muy difusa.</i></p> <p><i>[...]</i></p>
<p>Modelos de cromosomas</p>	  	<p><i>[...] Aunque es una gran imagen no muestra cómo se conforma el cromosoma, la cadena de ADN entre las cromátidas me parece una forma errada de mostrar que están formados por ADN entre otros componentes. [...]</i></p> <p><i>[...] Esta es una imagen mucho más completa ya que nos da la dimensión de que tan súper enrollado está ese material genético junto con otras proteínas para formar un cromosoma, es claro que una pequeña hebra de ADN no es tan pequeña. [...]</i></p> <p><i>“En una imagen como ésta, se podría entender con mayor facilidad de lo que se trata el locus... [...]</i></p>

Tabla 15. Consistencias del análisis de imágenes de células y cromosomas realizado por E2.

La última etapa de las actividades de la intervención se enfoca en tratar de aclarar y comprender los procesos de muerte celular. Con lo realizado en las actividades (A39, A40, A41 y A42), se pudo percibir que la estudiante asimiló el concepto general de muerte celular de manera satisfactoria, al expresar con mucha seguridad y dominio en su exposición elementos claves como:

- “la apoptosis ayuda a controlar infecciones”
- “la muerte celular mantiene el tamaño de los tejidos”
- “ la apoptosis regula la proliferación celular”

Además con su grupo de trabajo establece diferencias marcadas entre una célula en proceso de muerte celular y otra célula en normal funcionamiento, como se ve en la figura 15.

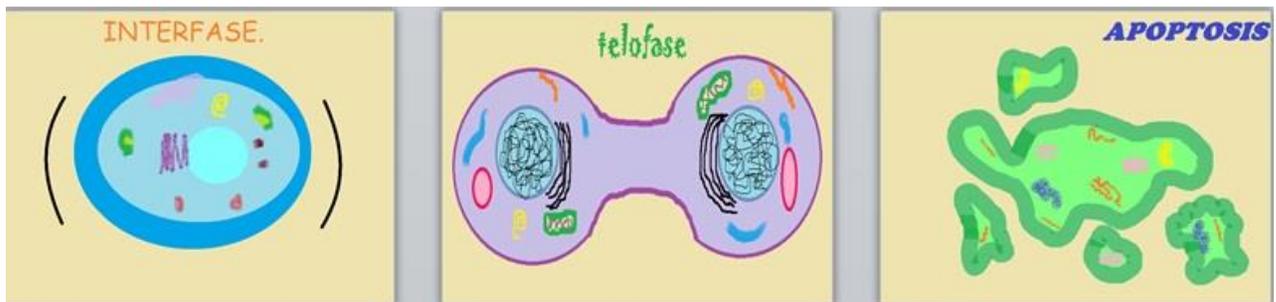


Figura 15. Comparación entre células realizada por E2.

Para E2 hubo varios elementos de la propuesta didáctica que reconoce influenciaron de manera importante su aprendizaje del ciclo celular, la mediación del docente entre los materiales y los estudiantes; desde su perspectiva, cuando el docente pone en contexto los desarrollos teóricos y utiliza palabras menos

técnicas, le permitió una mejor comprensión de la esencia de lo que se estaba enseñando, y así lo explicitó en la entrevista:

“La lectura súper importante, pero se aclara mucho más cuando usted explica porque es mucho más sencillo a los textos que es un lenguaje un poco más complejo a veces, entonces se hace mucho más fácil cuando el profesor explica”.

Otro elemento importante para ella fueron las animaciones, de las cuales expresa que:

“Cuando se apoya en animaciones es mucho más claro, porque uno muchas veces puede entender una cosa que escucha pero cuando la ve, ve que es otra cosa, ah, pasa totalmente diferente, entonces le queda mucho más claro, mucho más correcta la información”.

Y por último rescata como algo trascendental en su aprendizaje, la construcción de su propio modelo, porque esto la motivaba más a investigar con el propósito de perfeccionarlo.

**Subcategoría: Aproximaciones de los modelos mentales a los modelos conceptuales (M3).**

En esta subcategoría se compara el modelo final que construyó la estudiante 2 (E2A43) con el modelo aceptado en la comunidad científica sobre ciclo celular; en la animación que creó la estudiante es evidente la evolución desde su primer representación del modelo, al integrar muchos nuevos elementos que hacen que su modelo sea equiparable en gran medida con el modelo conceptual. En la figura 16 se muestra la secuencia de imágenes de la externalización que realizó la

estudiante y se observa cómo su modelo se transformó y perfeccionó al integrar todas las fases del ciclo celular de manera ordenada y coherente.



Figura 16. Secuencia de imágenes de la última animación construida por E2.

Al indagarle sobre lo que quería representar con esa animación, la estudiante mostró un discurso fluido y coherente sobre el ciclo celular, resaltando conceptos fundamentales en este proceso como es la presencia de ciclinas, el crecimiento, la replicación del ADN y la división celular. Expresiones como las siguientes dan cuenta de su apropiación y dominio del tema:

- “[...] ya ingresa a una nueva fase que es la fase G1 y vemos que la célula se agranda un poquito, vemos que se sigue agrandando porque en esa fase ya empieza su crecimiento y completar todo ese contenido que le falta al término de la Mitosis [...]” (E2A44)

- “[...] En mitosis ya tiene los cromosomas duplicados, entonces empieza Profase. En Profase vemos que se empieza a desintegrar el núcleo, los centriolos

*empiezan a extrapolarse. Empieza Metafase, allí los cromosomas empiezan a ir a plano ecuatorial [...]” (E1A4).*

Asimismo, al indagarle sobre cómo percibe su último modelo con respecto al primero que elaboró, ella desde una posición muy crítica se refiere a que solo había representado la división celular en su primer modelo, porque no conocía qué hacía la célula antes de dividirse, y en sus palabras, su modelo final es *“totalmente diferente”*; aclarando que poco a poco durante la intervención pudo comprender conceptos. Y al preguntarle si reconocía haber representado o no en el primer modelo conceptos equivocados, ella respondió: *“sí, por ejemplo, yo pensaba que pasaba a Mitosis en Profase, yo pensaba que se duplicaba ahí y no, sucede antes en fase S”*.

Para tratar de indagar si para la estudiante 2 este modelo era funcional y predictivo (conceptos fundamentales que propone Johnson-Laird), se le propusieron situaciones hipotéticas sobre la vida de la célula, como por ejemplo ante un daño en el proceso de replicación del ADN ¿qué pasaría con ese modelo?, ¿con la célula?; a lo que de manera consistente con la teoría responde que:

- “Llega una señal de que la célula se debe suicidar para no seguir replicándose de manera errónea , entonces ella empieza a degradarse y la célula muere” .

La evolución del modelo mental sobre ciclo celular de esta estudiante es evidente, integró a éste muchos elementos a partir de la propuesta didáctica y finalmente su modelo mental es consecuente con el modelo conceptual propuesto por la ciencia; para ella es funcional y le permite comprender el papel de este proceso en el funcionamiento de un organismo y de igual manera comprendió que si hay alteraciones del ciclo celular puede llegar a causar la muerte. La exteriorización

de su modelo final permitió observar que modificó su concepción previa de que el ciclo celular solo era mitosis y se apropió de que el ciclo celular es mucho más que eso, que requiere una serie de pasos que permiten que la célula cumpla sus funciones en el organismo.

**Categoría: Papel de las *Mindtools* en la externalización de modelos mentales**

**Subcategoría: Ventajas y limitaciones de las *Mindtools* como herramientas didácticas para la externalización de modelos mentales (H1).**

Para la estudiante, trabajar con estas herramientas significó muchas ventajas dada su gran habilidad en el manejo de las mismas, de manera rápida creaba las imágenes del cuadro a cuadro de sus animaciones, sin ningún tipo de indicación ella exploraba los componentes de *paint*, para elegir con cuál podría plasmar mejor su idea y cuál se adaptaba mejor para lo que quería representar; a medida que avanzaban las animaciones y su dominio conceptual, exploraba las potencialidades de la herramienta para poder representar lo que quería.

Para la estudiante, una de las principales ventajas del trabajo con *powerpoint* y *paint*, fueron la agilidad, la que para crear la animación ella consiguió rápidamente pegar y copiar el cuadro a cuadro, manteniendo la forma y permitiendo que la animación se vea continua y coherente. Otra ventaja que la estudiante valora es la parte estética, ya que según ella “*se ve bonito y puede utilizar muchos colores*” (E2A4). Más importante aún es que la animación final para ella ofrece el movimiento del ciclo celular, lo que lo hace “*dinámico y se ve bien la secuencia de eventos celulares que componen el ciclo*” (E2A44).

Al cuestionarle sobre las desventajas, ella menciona que no son muchas, que posiblemente en el caso que sean muchas diapositivas de una secuencia muy larga se cansan los dedos, pero en general para ella no hay desventajas. Por el contrario al preguntarle si en su futura labor docente las emplearía, respondió:

“Claro, total, yo presentaría mi modelo, y que ellos (los estudiantes) hicieran el de ellos, pero lo presentaría después a ver si se parece al de ellos, o sea, para que ellos aclaren como, ay ve, si estaba parecido, o ve, me equivoqué en esto.”, reconociendo que en su experiencia la construcción de su modelo favoreció el aprendizaje del concepto de ciclo celular.

Pudo evidenciarse que para esta estudiante las *Mindtools* utilizadas permitieron representar de una manera fácil y concreta el modelo de lo que para ella es el ciclo celular y estas herramientas funcionaron como herramientas cognitivas al poder hacer uso de ellas para la integración de nuevos elementos a su modelo de ciclo celular, permitiéndole la evolución de éste y por tanto su comprensión.

**Subcategoría: Actitudes de los estudiantes hacia el trabajo con las *Mindtools* para la externalización de sus modelos mentales (H2).**

En particular en esta subcategoría la estudiante mostró una muy buena disposición desde el inicio para el trabajo con estas herramientas tecnológicas, lo cual es altamente valioso porque desde la perspectiva de Jonassen la intencionalidad de querer trabajar con ellas es muy importante, ya que éstas intentan comprometer y facilitar procesos cognitivos y si no hay una buena disposición, esto no se logra. Al respecto la estudiante mencionó nunca haber trabajado con esta propuesta y por lo tanto se motivó mucho para el trabajo. Al iniciar la construcción de las animaciones ágilmente empezó a representar sus ideas y exploró las potencialidades de los programas, que aunque ya conocía no

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

los había trabajado con el objetivo que se le estaba planteando. Sorprendió su rapidez y habilidad, en pocos minutos ella tenía muchas más diapositivas que el resto del grupo, lo que lleva a pensar que cada persona tiene diversas potencialidades que normalmente en nuestra labor docente no podemos percibir fácilmente. Esta estudiante con sus habilidades, tomó el papel de orientadora de los compañeros en cuanto al manejo de las herramientas y socializaba las potencialidades que encontraba; y es importante resaltar que estas habilidades en el uso de un determinado *software* pueden ser transferibles a otros campos donde pueden ser aplicables, como propone Jonassen (1996).

A lo largo del curso se pudo percibir cómo poco a poco las actividades propuestas fueron modificando la idea que tenía la estudiante sobre ciclo celular, ahora muestra una mayor apropiación y seguridad con referencia al tema. Al parecer las actividades apoyadas en animaciones en las que pudo observar las células en movimiento durante el ciclo celular influenciaron su comprensión; de igual manera las actividades que realizó en grupo como talleres y exposiciones le permitieron poner en debate sus creencias y posiciones con los otros compañeros y así tomar elementos que favoreciesen el enriquecimiento de su modelo.

Para esta estudiante la evolución de su modelo mental fue notoria y paralelo a esto se valora su progreso y adaptación al uso de las *Mindtools*, lo que se vio reflejado en el objetivo más importante que era que la estudiante comprendiera este fenómeno tan abstracto que es el ciclo celular y su importancia, pudiendo evidenciarlo en el siguiente fragmento de entrevista (E2A44):

Profesor: - “¿Entonces, al final de todo esto, qué importancia le das al ciclo celular?”

E2: - *“Qué importancia le doy... no, que es todo, pues jamás me había imaginado que la célula tuviera tantas cosas, que ahí comprendí mucho mejor qué es la célula y qué hace, qué funciones hace”.*

P –“ *¿Por qué es importante para un organismo pluricelular este ciclo? “*

E2 - *“¿Por qué sería importante...? porque de él dependen las conformaciones de tejidos, de pronto si hay algo que la afecte, el ciclo celular puede ayudar a que se mejore eso, a que se soluciones algo del organismo mediante la regeneración”.*

No obstante, con la estudiante aún falta profundizar más en lo que se refiere a la muerte celular, dada la complejidad de ese tema y el corto tiempo del que se disponía.

A lo largo del trabajo con esta estudiante se pudo percibir cómo fueron evolucionando las ideas que ella tenía alrededor del ciclo celular, cómo iba adquiriendo una mayor habilidad en el uso de las herramientas tecnológicas para representar sus modelos mentales. Esta estudiante siempre mostró una muy buena actitud frente a las actividades propuestas para el aprendizaje del ciclo celular, ya que según ella estas actividades le permitieron expresar mejor lo que sabía con relación al tema, algo que se le dificultaba en evaluaciones escrita.

### **Análisis de resultados, caso 3.**

El caso 3 es una estudiante de 22 años que tuvo un desempeño aceptable en la asignatura fundamentos de biología, prerrequisito para el curso de biología celular, sus ideas previas también están influenciadas por contenidos referentes a la célula vistos en otra carrera que cursó anteriormente (ingeniería forestal); en general tiene un buen rendimiento académico. La estudiante manifiesta no utilizar

herramientas TIC para sus labores académicas, más allá del correo electrónico, pero le resulta divertido y diferente el trabajo que se propone con las *Mindtools*.

### **Análisis de las categorías para la estudiante 3.**

**Categoría: Evolución de Modelos mentales sobre ciclo celular**

**Subcategoría: Características de los modelos mentales iniciales de ciclo celular (M1).**

Para identificar las ideas previas de la estudiante (E3) sobre ciclo celular y reconocer las fortalezas y debilidades que tiene con respecto al tema, se plantearon las primeras 4 actividades (A1, A2, A3 y A4).

Al mostrarle varias imágenes reales sobre células en diferentes estadios de su ciclo de vida (A1), la estudiante no puede distinguir directamente fases o etapas del ciclo celular, solo puede mencionar que ve unas “fibrillas” que supone son cromosomas; sin embargo, a grandes rasgos, reconoce que las células de nuestro cuerpo sufren procesos de cambio, que se originan a partir de otras y que las que se van desarrollando tienen diferentes funciones, como se evidencia en el siguiente fragmento de conversación, que resultó de indagarle sobre sus conceptos previos (A2):

*Profesor: -“¿Las células que tiene el cuerpo son las mismas desde el nacimiento?”*

*E3: - “No, porque ellas tienen un ciclo, se están renovando, Hay unas células que están todavía, como las neuronas y otras que ya cumplieron su ciclo y en cambio de estas hay otras nuevas, que tenga unas y otras no, depende de su especificidad.” (E3A2).*

Con la actividad 3 se le solicitó a la estudiante representar su modelo mental sobre ciclo celular, con el propósito de explorar cómo entiende ese proceso celular, y así identificar las características fundamentales iniciales que definen para ella ese concepto. Como puede verse en la figura 17, el primer modelo construido por la estudiante está muy lejano conceptualmente del modelo propuesto por los expertos, y están ausentes muchos elementos básicos y fundamentales para que la exteriorización del modelo sea considerado consistente con referencia al modelo conceptual.

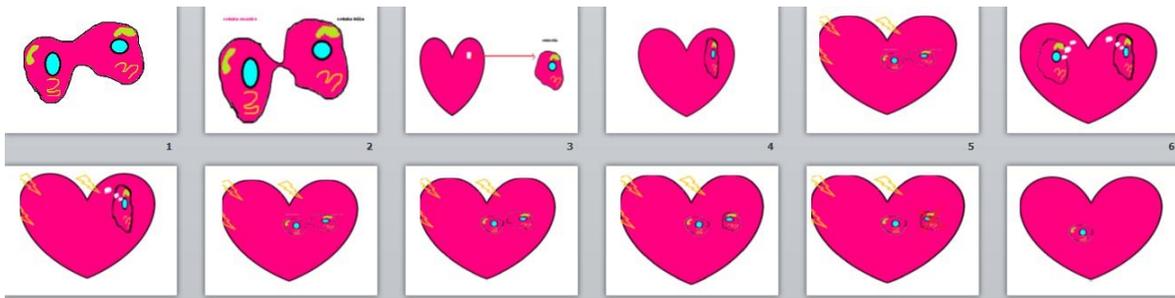


Figura 17. Secuencia de imágenes de la primera animación construida por E3.

Al realizarle la entrevista (A4), se percibe incoherencia entre su discurso y su animación, es decir, en su discurso ella demuestra que posee algunos elementos que son coherentes con la teoría, pero en la representación que hace en la animación las incongruencias son notables. Algunos apartes de la entrevista realizada a esta estudiante y (E3A4) que muestra que tiene claros algunos conceptos sobre el ciclo celular, son:

*Profesor: - “¿Qué quisiste representar con esa animación?”*

*E3: -“La célula madre se divide, dibujé todo el proceso de la célula, el ciclo, donde la célula cumple una función específica y genera una célula hija. [...] Los rayos representan cualquier cosa que va a causar un estímulo a la célula para su división.*

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

*P: “-¿Los estímulos que llegan a la célula qué tienen que ver con el ciclo celular?”*

*E3: “Es uno de los procesos que hace la célula, la célula se encarga de que pase algo y esa es su función, está ahí por algo y en ese tejido o en ese sistema, es la función de la célula. El ciclo de vida de la célula tiene que ver con su función.”*

*P: “-¿entonces cuál podría ser para ti una definición del ciclo celular?”*

*E3: “Un conjunto de procesos que tiene la célula, desde el momento en que inicia o nace, hasta que se muere.”*

Está muy marcada en este caso la asociación entre el ciclo celular y especificidad celular, principalmente relaciona la función de una célula con su tiempo de vida, lo que es acertado en el sentido teórico, ya que realmente el ciclo de vida de una célula puede variar de su tipo en un organismo pluricelular; sin embargo, muchos otros elementos o fases del ciclo como la replicación en interfase o mitosis están ausentes en su representación del modelo mental (en la animación y en el discurso).

Para esta estudiante el ciclo celular es un proceso importante en la estructuración del cuerpo humano, tanto que representa en su modelo un corazón, para dar a entender que las células conforman los órganos, y que de la división de estas células depende el mantenimiento del organismo y la generación de nuevas células que cumplirán diferentes funciones en el organismo. En lo que corresponde a la primera subcategoría de análisis (M1), se detecta que para esta participante su representación de modelo inicial de ciclo celular está alejado del modelo conceptual que se plantea para ciclo celular; pues para ella el ciclo celular es correspondiente a especificidad celular, y los elementos fundamentales del ciclo celular como la mitosis, replicación del ADN, condensación de cromosomas, ciclinas y otros más, no son tomados en cuenta.

**Subcategoría: Estrategias que influyen en la transformación de los modelos mentales (M2).**

Al implementar la propuesta didáctica se pretendía conocer para esta estudiante, qué actividades aportaban de manera significativa a la modificación de la construcción de su modelo mental inicial, al presentarle nuevos contenidos mediante diferentes estrategias, de tal manera que ella adquiriese nuevos conceptos y así su representación de modelo mental sobre el ciclo celular evolucionara.

El profesor presentó en una exposición oral los conceptos aceptados en la comunidad científica sobre el ciclo celular (A7), para que luego los estudiantes construyeran un mapa conceptual que sintetizara esta información (E3A7).

Con la exposición magistral la estudiante tomó atenta nota y al parecer comprendía los nuevos conceptos presentados por el profesor y los relacionaba con los conocimientos previos que tenía, como puede verse en una pregunta que formuló: *“¿todas las células hacen lo mismo?”*, al responderle la pregunta, ella agregó: *“ah ya... sí, porque yo tenía entendido que unas duraban más que otras dependiendo de donde estén”*; además pudo aclarar que el ciclo celular no solo es la mitosis, y que son varios los procesos que componen dicho ciclo. De igual manera al realizar el mapa conceptual, se evidenció que poco a poco la estudiante iba comprendiendo las características generales del ciclo y que cada una tiene una relevancia para el buen funcionamiento celular. El mapa que construyó el equipo con el que trabajó E3 se muestra en la figura 18.

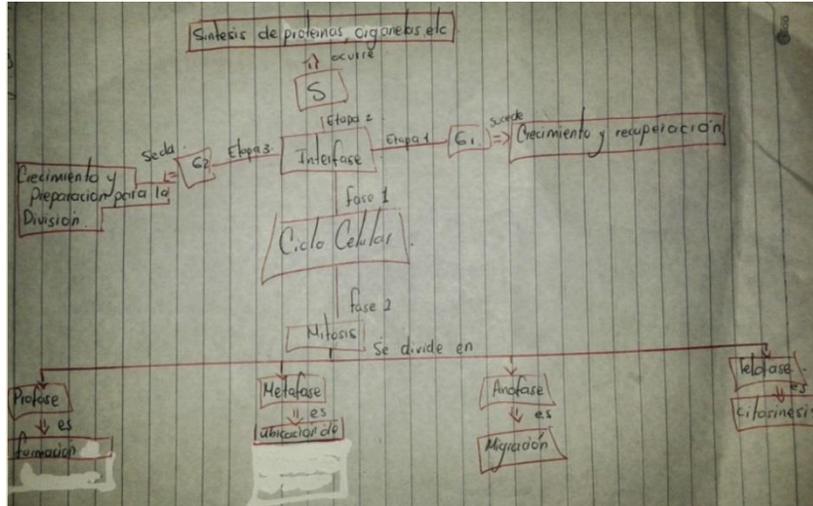


Figura 18. Mapa conceptual construido por E3 y sus compañeros.

El taller número 1 (A11) permitió que la estudiante relacionara los conceptos adquiridos sobre ciclo celular con el funcionamiento de un organismo pluricelular y poder discutir con sus compañeros las características fundamentales de las etapas del ciclo celular, ayudándole a construir con sus pares un concepto más coherente con la teoría. En la tabla 16 pueden verse algunas expresiones del taller realizado por el grupo donde participó la estudiante, y se puede observar en estas expresiones que identifican correctamente y tienen una mejor comprensión de los eventos importantes que ocurren en las diversas fases del ciclo celular ; se pudo percibir que a esta estudiante la influyen más las explicaciones orales del profesor sobre el tema que las lecturas propuestas para la clase (A8, A10), al escuchar de ella el comentario que esas lecturas son muy complejas y no la logran “atrapar”, que es más fácil cuando lo explica el profesor.

<b>Etapas del ciclo</b>	<b>Expresiones de los estudiantes sobre las características del proceso (E3A11)</b>
G0	“[...] acá la célula ya para su división y se dedica a la función que le toca hacer [...]”
G1	“[...] gran actividad metabólica, crece y sintetiza proteínas [...]”
S	“[...] duplicación del ADN [...]”
G2	“[...] la célula sigue creciendo y sintetiza proteínas [...]”
M	“[...] división de la célula madre en dos células hijas [...]”

Tabla 16. Descripciones del ciclo celular de E3 en la actividad 11.

Continuando con la presentación de los temas que conforman el ciclo celular, se da paso al concepto de mitosis y cromosomas mitóticos, elementos fundamentales para el concepto estudiado. Durante la mitosis los cromosomas sufren su mayor proceso de empaquetamiento para que se pueda dar la migración correcta de las cromátidas en el proceso de mitosis; por tal motivo, la comprensión de esta estructura subcelular es fundamental para comprender la etapa del ciclo celular donde se da el proceso de división del material genético. Con el objetivo de que la estudiante adquiriese estos conceptos, se propuso la construcción de un cromosoma mitótico (A15), buscando además conocer las ideas iniciales de la estudiante sobre lo que es el cromosoma.

La figura 19 muestra el modelo de cromosoma que construye la estudiante, que tiene algunos elementos destacables, como por ejemplo: que es coherente con los conceptos teóricos y representa las partes que son consistentes con el modelo conceptual, la doble hélice del ADN y el centrómero; también representa el empaquetamiento que hace éste para conformar el cromosoma; sin embargo, en este punto, al indagarle sobre cómo es ese proceso de compactamiento con

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

proteínas histonas (E3A16), la estudiante no puede explicar de manera clara cómo en su representación de modelo se puede evidenciar el proceso. Otra inconsistencia con el modelo conceptual es, que para ella, la forma del cromosoma mitótico también es en forma de doble hélice como el ADN (Figura 19).



Figura 19. Representación de cromosoma mitótico de E3.

En la entrevista (A16), se toca el tema de la importancia de la estructura del cromosoma, donde la estudiante expone que: *“es muy importante que se forme esta estructura para que no se ponga en riesgo el proceso de división”* (E3A16), una idea que es congruente con los conceptos teóricos. Para ella es claro que en una célula de un mismo organismo hay varios tipos de cromosomas y que en las células diploides la mitad de los cromosomas son de un progenitor y la otra mitad del otro, una idea que da a entender que ella es consciente de la importancia del material genético en los procesos hereditarios (E3A16). A nivel general, la estudiante comprende la importancia y las características básicas de los cromosomas mitóticos, pero aún hay algunas concepciones que no son congruentes con la teoría, principalmente en lo que se refiere a estructura y morfología.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

La condensación de los cromosomas en los eucariotas es un evento fundamental para que se puedan dar etapas de división celular como la mitosis, en este proceso se generan nuevas células con igual cantidad de información genética, este evento celular ha sido de difícil comprensión y generalmente crea confusiones en los estudiantes; para esta estudiante en particular, la mitosis es comprendida de manera general, pero al indagar sobre las características y fases particulares del proceso, se pueden evidenciar confusiones y desconocimiento. Con la actividad 17 (A17), en la que exponen las características principales de la mitosis, E3 pudo identificar las fases y empezar a caracterizar cada una, por ejemplo al explicar la telofase, la estudiante describe de manera correcta lo que sucede en esta etapa: - *“en la telofase ya podemos ver los nuevos núcleos y los cromosomas dentro de los núcleos”* y reconoce que esas células nuevas, que se van a originar, tienen la misma cantidad de material genético (E3A17). Sin embargo, cuando se le plantea plasmar una célula en anafase (A22), demuestra que aún no está muy claro el proceso, dado que la célula que esquematiza, que se muestra en la figura 20, no es consecuente con lo que propone el modelo conceptual.

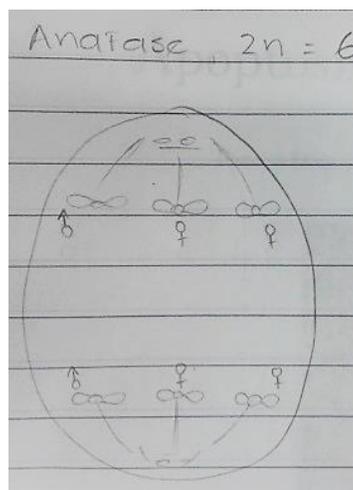


Figura 20. Representación de E3 sobre la anafase.

Como complemento fundamental para entender el papel del ciclo celular en los organismos pluricelulares, se presentó el tema de muerte celular, con la actividad 26, la estudiante tuvo acceso a algunos elementos teóricos sobre la importancia de la muerte celular y sus características; y como se esperaba, pudo entender los procesos a nivel general, pero algunas características moleculares aun le son confusas, y prueba de ello es que al indagarle sobre el papel de las mitocondrias y los lisosomas en este proceso, respondió que no lo sabía (E3A27).

Ahora era oportuno explorar cómo estos nuevos elementos que se habían presentado a la estudiante durante las clases y la construcción de nuevos conceptos que realizó con sus compañeros y de manera individual, habían hecho que se modificara su modelo mental sobre ciclo celular. Esta nueva exteriorización se presenta a continuación en la figura 21 (E3A29).



Figura 21. Secuencia de imágenes de la segunda animación construida por E3.

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

A diferencia de la representación de su modelo inicial, en el cual estaban ausentes las fases del ciclo celular, en éste ya están presentes cada una de las etapas que lo componen, con su respectiva descripción y con unos elementos nuevos más acertados; existe una buena continuidad en su animación, cada etapa sienta los componentes necesarios para la etapa que sigue. En la tabla 17 se agrupan los elementos que son consistentes y aquellos que no lo son en su nueva exteriorización del modelo mental sobre ciclo celular.

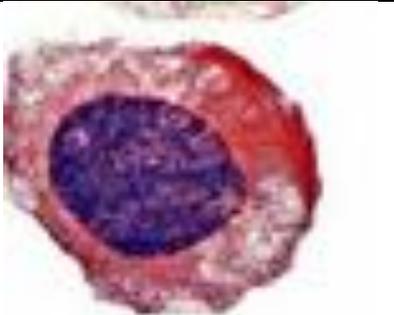
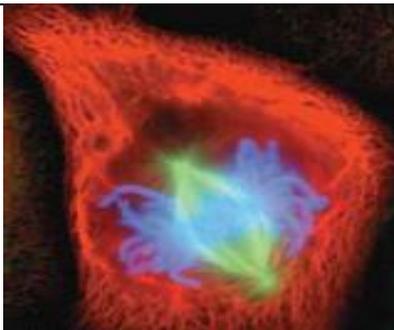
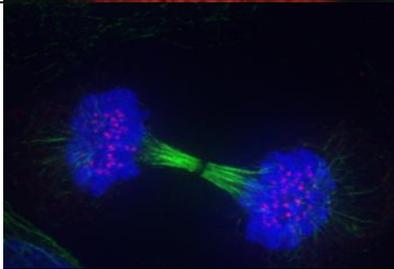
<p><b>Consistencias de la segunda animación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Receptores de señales</li> <li>• Nutrientes</li> <li>• Participación de ciclinas</li> <li>• La replicación del ADN en la fase S por la polimerasa</li> <li>• La preparación para la división en G2</li> <li>• Desintegración del núcleo</li> <li>• Condensación de los cromosomas</li> </ul>
<p><b>Incongruencias en la segunda animación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos en G0</li> <li>• Procesos en la fase G2</li> <li>• Origen de las ciclinas</li> <li>• Posibilidad de la muerte celular</li> </ul>

Tabla 17. Elementos destacados de la segunda animación construida por E3.

Ya en la nueva animación de E3 (A29) están todas las fases del ciclo celular, reconoce la interfase como un proceso previo a la mitosis, y que la célula necesita nutrientes para poder dividirse, además, que este proceso es regulado por las proteínas ciclinas. Ya se evidencia un avance en su modelo mental al acercarse más al modelo conceptual.

Las TIC nos ofrecen algunas posibilidades para representar algunos conceptos biológicos, como el ciclo celular, que son difíciles de comprender por ser conceptos abstractos, por lo tanto en las actividades siguientes se utilizaron recursos tecnológicos como presentaciones de *powerpoint* con imágenes digitales (A32) y animaciones (A35). Con la integración de estos recursos en las clases, la estudiante pudo captar mejor la idea de ciertos procesos como el empaquetamiento del cromosoma y la migración de las cromátidas; al analizar y reflexionar acerca de los modelos conceptuales que se le estaban presentando pudo compararlos con sus ideas y así aclarar algunas dudas. Muchos de estos elementos fueron explicativos, como visualizar de manera global el proceso del ciclo celular y no como etapa por etapa sin relación; la animación le permitió ver continuidad y así entenderlo mejor, ante lo cual la estudiante expresó: *“Es que ya veo que no se da etapa por etapa por separado, sino que el ciclo se da todo el tiempo y en todas las células.”*(E3A38).

Al realizar las actividades 36 y 37, en las que se buscan y analizan críticamente imágenes y modelos que se encuentran en internet sobre células y cromosomas, la estudiante demostró que podía realizar críticas a varios modelos e imágenes de células y cromosomas que encontró en internet e identificar deficiencias de esos modelos, así como resaltar aciertos de algunos de ellos, según su criterio. Los resultados de estas actividades se resumen en la tabla 18.

Actividades que proponen el análisis de modelos conceptuales encontrados en internet (E3A36) Y (E3A37)	Figura	Expresiones de E3 consistentes con los conceptos teóricos
CLASIFICACIÓN DE CÉLULAS EN EL CICLO CELULAR		<p><i>"[...] esta imagen muestra la célula en G1 donde la célula aumenta su tamaño y se prepara para el resto de los procesos del ciclo sintetizando organelas, proteínas."</i></p>
		<p><i>"[...]Esta célula se encuentran en metafase, se observa claramente los cromosomas en el ecuador de la célula, y el uso mitótico anclado a ellos. [...]"</i></p>
		<p><i>"[...] Esta imagen corresponde al proceso o etapa de la citocinesis, se puede ver como la membrana y el citoplasma se separa para dar origen a dos células hijas. [...]"</i></p>

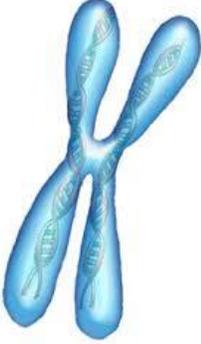
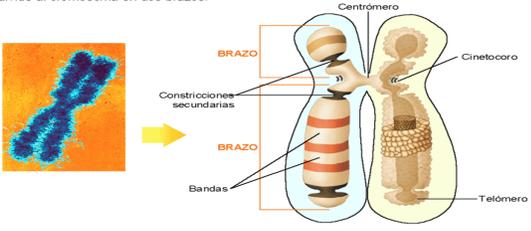
<p><b>MODELOS DE CROMOSOMAS</b></p>		<p><i>“[...] Desde mis conocimientos adquiridos en el curso, este no sería un modelo fiel a lo que se conoce como cromosoma, pues no resalta partes fisiológicas propias de estos como el centrómero, los telómeros, el cinetocoro, las bandas de expresión del ADN y además la disposición del and no es la correcta, aquí se muestra libre y debe ir enrollado por las histonas. [...]”</i></p>
		<p><i>“en este modelo se especifican o se resaltan con más claridad las partes de los cromosomas, considero que son los que más se acercan a la teoría teniendo como única falencia no contener la disposición del ADN.”</i></p>

Tabla 18. Consistencias del análisis de imágenes de células y cromosomas realizado por E3.

Tratando de afianzar más el concepto de muerte celular, la actividad 39 permite que la estudiante exponga a sus compañeros elementos fundamentales sobre la muerte celular; lo que posibilita detectar un importante avance en la comprensión

de este proceso, a partir de la definición de algunas características de la necrosis celular como: la inflamación, el daño de la membrana, la digestión intracelular y la desnaturalización de proteínas. Aunque aún permanecen confusas para ella algunas diferencias entre varios tipos de muerte celular como apoptosis y necrosis.

En este momento de la intervención, la estudiante puede definir y caracterizar de manera clara las diferencias entre células normales y en proceso de muerte celular, como puede evidenciarse en la figura 22 correspondiente a la actividad 41, en la que se les solicitó representar células en diferentes momentos del ciclo celular.

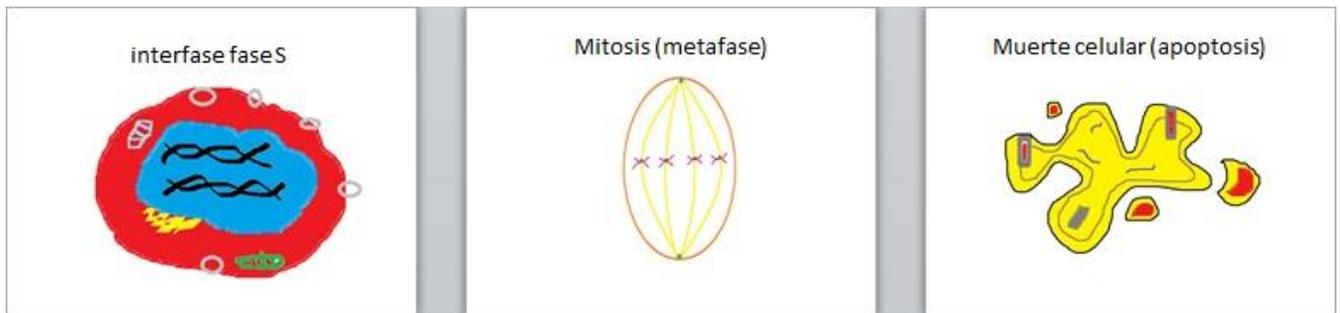


Figura 22. Comparación entre células realizada por E3.

Pudo percibirse en el caso de esta estudiante, que las actividades propuestas influenciaron notoriamente su comprensión del ciclo celular, para ella fueron más significativas las actividades prácticas en las que tenía que construir, que las actividades teóricas, como las lecturas o talleres; de igual manera consideró muy trascendentales las explicaciones orales del docente apoyado en animaciones e imágenes para ilustrar los conceptos teóricos.

La construcción de animaciones para expresar sus ideas, la motivó e impulsó a querer saber más del tema para poder tener más elementos con que “*hacerlo más bonito, completo*”, reflejando un aprendizaje activo, acumulativo (construido sobre conocimientos previos) e integrador (E3A44). La estudiante se mostró bastante acostumbrada a realizar lecturas de manera acrítica, generalmente preocupada por preparar las lecturas para posterior evaluación de éstas, por lo que manifestó interés en cada documento que se le entregó, leyéndolos y haciendo resúmenes de los mismos para trabajar con ellos en clase.

**Subcategoría: Aproximaciones de los modelos mentales a los modelos conceptuales (M3).**

En esta subcategoría se analiza cómo la última animación que construyó la estudiante 3, dista o se acerca al modelo conceptual aceptado de ciclo celular, y de esta manera valorar el impacto de la propuesta didáctica en la evolución de la exteriorización de su modelo mental. La última exteriorización del modelo mental que construyó E3 se presenta en la figura 23 (E3A43).

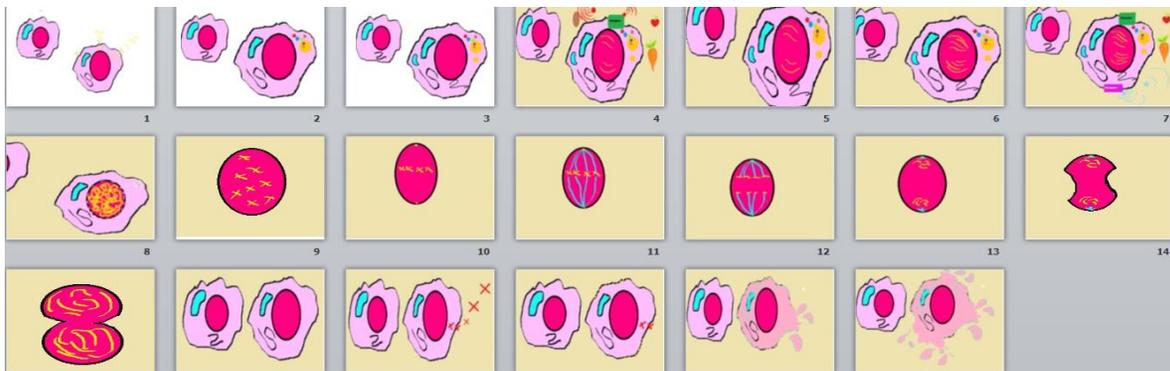


Figura 23. Secuencia de imágenes de la última animación construida por E3.

En esta animación, están presentes elementos nuevos como presencia de otras organelas, la condensación de los cromosomas, la presencia de ciclinas y de

estímulos para el inicio del proceso y apoptosis, todos estos elementos consistentes con el modelo conceptual, aunque aún hay algunas incongruencias con los conceptos teóricos, como es la no desintegración del núcleo durante la mitosis.

Al realizar la entrevista con la estudiante sobre su modelo, ella reconoce ya las diferentes etapas del ciclo y sus características como: “[...] la etapa G1, que la célula aumenta su tamaño, hay síntesis de proteínas [...]”, “[...] entra a la etapa S donde se duplica todo el material genético de la célula [...]”, “[...] en G2, aparece el segundo checkpoint que vuelve a hacer como el chequeo general para ver si la célula pues cumple como todas las condiciones para pasar a la etapa de Mitosis [...]” (E3A44), también describe de manera coherente la mitosis y sus fases (E3A4). Algo que aún no es consistente es la percepción que tiene de la etapa G0 donde expresa que la célula está “quieta”, posiblemente esta confusión surge al pensar que, como la célula ya está diferenciada, cesan todas sus funciones. Otra inconsistencia con el modelo conceptual es la permanencia del núcleo durante la mitosis; sin embargo, al explicar la representación del modelo y preguntarle sobre la presencia de esta estructura, ella reflexiona y corrige su imprecisión.

Cuando la estudiante compara la primera exteriorización del modelo que realizó con el último, reconoce que ha cambiado mucho y que ha integrado y aclarado muchas dudas, y ha reorganizado otros elementos; lo que es coherente con las características que poseen los modelos mentales al ser inacabados, dinámicos y revisados reflexivamente, como fue la replicación del ADN y la presencia de ciclinas en el ciclo.

Para percibir si su modelo mental le permite predecir algún evento, se le planteó una pregunta sobre lo que sucedería con la célula de la exteriorización de su

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

modelo, a lo cual, la estudiante de manera dubitativa no pudo responder con claridad, “no sé si muere o vuelve a GO” (E3A44), lo que puede indicar que para esta estudiante el concepto del ciclo celular aún tiene algunas inconsistencias importantes.

Para la estudiante 3 en particular, aunque se percibe un importante avance en la construcción de su modelo mental, tanto en la animación como en el discurso que la complementa, aún permanecen varias incongruencias fundamentales que sería necesario reforzar para tratar de que el concepto sea mejor comprendido. No obstante, podríamos hablar de una evolución en la representación del modelo debido a que hay nuevos elementos en comparación con el primero, pero aún se aleja bastante del modelo conceptual.

### **Categoría: Papel de las Mindtools en la externalización de modelos mentales**

#### **Subcategoría: Ventajas y limitaciones de las Mindtools como herramientas didácticas para la construcción de modelos mentales (H1).**

Las *Mindtools* se apoyan en el aprendizaje constructivista, en el cual los aprendices construyen su conocimiento más que apropiarse del conocimiento transmitido por el docente; por lo que éste y otros aspectos son explorados en esta subcategoría.

En el proceso de modelización la estudiante reconoce varias ventajas al utilizar *powerpointy paint* como son: agilidad, dinamismo, motivación, desarrollo y estimulación de la creatividad.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Particularmente, al referirse a *paint*, resalta la cantidad de colores y texturas que puede usar para crear sus esquemas, así como la posibilidad de utilizar diferentes combinaciones para resaltar algún elemento, y en relación con *powerpoint*, hace referencia al dinamismo que se puede generar y así mostrar la continuidad de un proceso.

Aunque para esta estudiante no es tan común trabajar con estas herramientas, considera que en general, es fácil trabajar con estos recursos, pero admite que es necesario hacer muchos ejercicios de animación para ser más ágil y más rápido, y conseguir hacer más diapositivas, de tal manera que la animación quede más bonita y completa (E3A44).

Para ella los aspectos negativos no son muy significativos, menciona un poco el tiempo de adaptación y de exploración de las potencialidades, pero manifiesta que no se constituye una gran dificultad.

La estudiante reconoce que al construir las animaciones se le facilita replantearse y reflexionar acerca de lo que quiere presentar y de esta manera modificar y mejorar el concepto que tiene sobre ciclo celular, porque en sus palabras: “es *uno el que construye, no otro*”.

Otra ventaja para ella es la aplicabilidad que tendría en su futuro como docente de Ciencias Naturales, considerando que estas herramientas tienen gran aplicabilidad en sus futuras clases porque:

“es una forma fácil de integrar el conocimiento y el educando disfruta, que a veces es mucho más cómodo ver lo que necesita aprender o lo que está enseñando de una manera dinámica, que sea creativa, que sea amena que no sea solo teoría y

teoría, o sea va a ser mucho más fácil de asimilar, y además también puede ser útil en el sentido como de esa evaluación y de mirar si los conceptos que se enseñaron en clase si en realidad fueron bien aprendidos, y si fueron bien asimilados, creo que sería un reflejo de eso”.

**Subcategoría: Actitudes de los estudiantes hacia el trabajo con las *Mindtools* para la externalización de sus modelos mentales (H2).**

En esta subcategoría que indaga sobre las actitudes de la estudiante ante el trabajo con estos recursos, se pudo percibir que para ella era motivante, aunque no está acostumbrada a este tipo de trabajos, al inicio se notó confundida y sin saber cómo responder al reto que se le proponía de crear un modelo con este tipo de herramientas; sin embargo, nunca se mostró renuente al trabajo y tuvo una buena actitud.

Aunque conocía los programas que se emplearon nunca los había utilizado con el propósito aquí planteado, por lo que al comienzo de la intervención estaba un poco insegura, pero luego de haber construido varias animaciones, ya se desenvolvía mucho mejor.

En este nuevo escenario para el aprendizaje del concepto de ciclo celular, la estudiante posiblemente no se sintió cómoda al inicio, dado el reto que le significaba enfrentarse a sus conocimientos previos y algunos vacíos que reconocía tener en los aspectos teóricos sobre la célula; sin embargo, construir sus propias animaciones la sacó de la comodidad de conformarse con sólo algunos elementos teóricos y le permitió reflexionar acerca de su conocimiento y de esta manera darse cuenta que aún tiene muchas debilidades que necesita corregir.

La actitud de esta estudiante ante la propuesta fue buena, se divertía al hacer las animaciones, dejó su prevención frente a la temática, se sintió cómoda y motivada, lo que probablemente le permitió expresarse mejor, detectar sus falencias y corregirlos. En algunas actividades grupales se notaba insegura y dubitativa ante sus compañeros, al considerar que tenía ciertas debilidades en cuanto a lo conceptual. No obstante, desde su perspectiva esta nueva metodología le permitió acercarse de un modo diferente a la biología celular y sentir que aprendía más y de una mejor manera.

#### **Análisis de resultados, caso 4**

El caso 4 es una estudiante de 18 años, que tuvo un buen desempeño académico en la asignatura fundamentos de biología, prerrequisito para el curso de biología celular; en general su rendimiento académico es aceptable, ella misma no se considera una buena estudiante. No utiliza recursos TIC en sus actividades académicas más allá de internet, pero para su vida social generalmente utiliza redes sociales. Al inicio no se nota muy motivada para el trabajo que se propone utilizando TIC y se un poco insegura para iniciar las actividades propuestas.

#### **Análisis de las categorías para la estudiante 4**

**Categoría: Evolución de Modelos mentales sobre ciclo celular**

**Subcategoría: Características de los modelos mentales iniciales de ciclo celular (M1).**

Para identificar los conocimientos previos que tenía la estudiante (E4) sobre ciclo celular, y de esta manera tratar de reconocer las características de las

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

concepciones que tiene sobre la temática, se realizaron actividades que permitieron identificar estos conceptos y modelos iniciales de ciclo celular. Sobresalió que al observar las imágenes de células presentadas por el profesor en la actividad uno (A1), ella identificaba las células que estaban en procesos de división, y particularmente para ella todas estaban en división mitótica.

Sin embargo, no podía identificar o especificar alguna etapa del ciclo celular; evidenciando que para ella el concepto de ciclo celular se reduce a división celular. Estas actividades permitieron identificar que la estudiante reconoce que las células pueden crecer y morir, y que es necesario un recambio celular para el mantenimiento del organismo pluricelular.

- *“... aunque a uno se le mueran células siempre va a seguir teniendo las necesarias para vivir.”* (E4A2). Esa muerte celular se puede deber a varios fenómenos como los estilos de vida y el ADN de cada célula. Esta idea es notable ya que con esta visión la estudiante demuestra que relaciona ideas como ADN, diferenciación celular y muerte celular, pero las ideas que tiene de ciclo no trascienden más allá de la división celular; no representa en su modelo elementos importantes del ciclo celular, como son la duplicación del material genético y la condensación de los cromosomas.

Posiblemente por estas ideas previas el modelo mental que representa por medio de una animación (E4A3), que se muestra en la figura 24, está muy alejado del modelo conceptual.

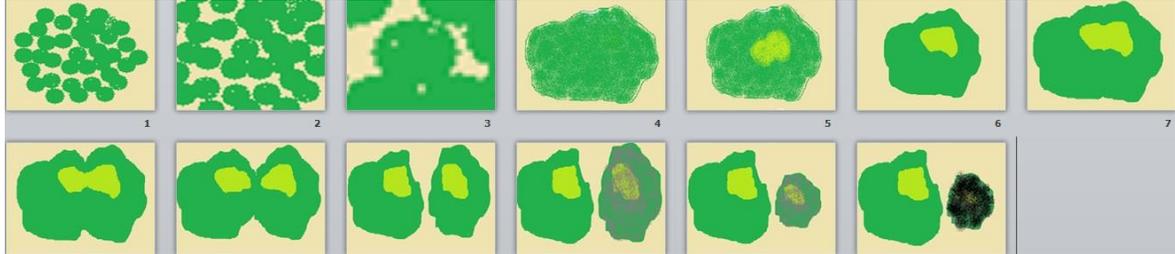


Figura 24. Secuencia de imágenes de la primera animación construida por E4.

En esta representación, la estudiante se centra principalmente en la división de la célula, desconociendo procedimientos celulares previos de preparación para este proceso o demás elementos del ciclo celular, lo que se evidenció al realizar la entrevista 1 (E4A4), en la que se pudo identificar que la estudiante no reconoce fases o etapas en el ciclo celular:

Profesor: *“¿Reconoces pasos o fases en tu animación de ciclo celular?”*

Estudiante 1: *“no, pero supongo que las debe haber...”*

P: *“¿entonces para ti qué es el ciclo celular?”*

E1: *“es el recorrido que hace una célula desde que nace hasta que muere”*

Esta apreciación lleva a pensar que el concepto de ciclo celular es prácticamente desconocido por esta estudiante, aunque tenga claro que el origen de una célula es una célula preexistente.

Llama la atención que esta estudiante plantea en su modelo la muerte celular, de manera coherente con algunas expresiones verbales antes de realizar su modelo, mostrando que para ella este proceso es más bien lineal que cíclico; algunas de las características de su modelo son recogidas en la tabla 19. En este ejercicio, la estudiante tiene en cuenta elementos funcionales del ciclo como la muerte celular,

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

también algunos conceptos estructurales, pero hay varias incongruencias destacables que demuestran los vacíos en la comprensión del ciclo celular.

Algunos elementos de la animación sobre ciclo celular construida por E4	Elementos consistentes con el modelo conceptual e inconsistentes con el mismo
	<b>Consistencias</b>
citocinesis	esquematiza la división del citoplasma
muerte celular	<i>representa la posibilidad de que la célula muera</i>
	<b>Incongruencias</b>
la presencia y migración de cromosomas	no representa la presencia de los cromosomas en ningún momento de su animación
mitosis	no aparece los procesos de división mitótica
la presencia de demás organelas en el proceso	en su modelo mental las organelas subcelulares están ausentes durante el ciclo
replicación del ADN	no esquematiza en su modelo la duplicación del material genético

Tabla 19. Concepciones de E4 sobre mitosis.

En lo que concierne a la primera subcategoría de análisis (M1), se pudo percibir para esta estudiante que el concepto de ciclo celular está muy alejado de los desarrollos teóricos sobre el tema, ante las inconsistencias o ausencias de elementos fundamentales como la mitosis, la replicación del ADN o la formación de cromosomas. Ella considera, según sus palabras, que el ciclo celular es una etapa de la división celular y que este proceso celular está definido por la vida que tiene la célula, desde que nace hasta que se muere (E4A4), desconociendo el

carácter cíclico de este proceso y su importancia para la proliferación celular. Pero cabe destacar que tiene claro que los tejidos se conforman por varias células y que éstas se originan de células preexistentes.

**Subcategoría: Estrategias que influyen en la transformación de los modelos mentales (M2).**

Al iniciar las actividades de la propuesta didáctica que pretenden mejorar la comprensión del concepto de ciclo celular y de este modo brindarle a la estudiante nuevos elementos conceptuales que le permitan modificar y de alguna manera lograr una evolución en su modelo mental, la estudiante se mostró interesada, propositiva y reflexiva ante los nuevos conceptos teóricos presentados por el profesor en su exposición oral sobre el ciclo celular, su definición y características. Referido a este contexto, la estudiante en una actitud de autocrítica y demostrando que de alguna manera estaba comprendiendo los conceptos presentados en la actividad, expresó que en realidad “estaba muy perdida”, reconociendo así sus falencias en el tema.

Tratando de identificar esa supuesta comprensión de los conceptos teóricos, se plantea la construcción de un mapa conceptual que sintetice las ideas presentadas por el profesor (E4A7), el mapa conceptual que realiza la estudiante y su grupo demuestra que ya hay una comprensión en relación con la existencia de varias etapas que comprenden el proceso de ciclo celular y que cada una de estas etapas tiene alguna característica fundamental. El mapa conceptual de E4 y su grupo se presenta en la figura 25.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

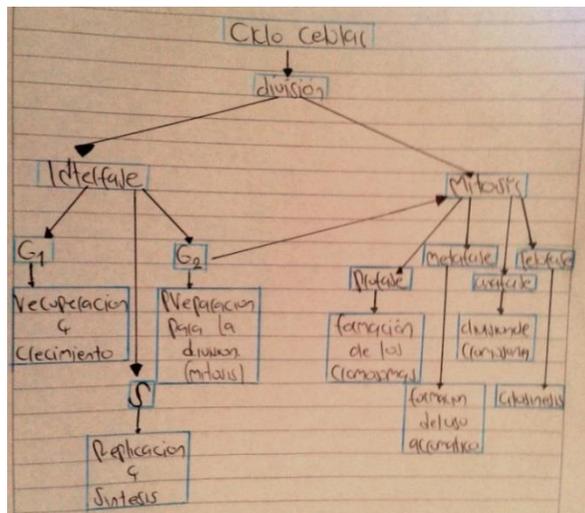


Figura 25. Mapa conceptual construido por E4 y sus compañeros.

También cabe analizar lo realizado por la estudiante en el taller 1 (A11), que hace referencia a las características generales del ciclo celular; y a partir del cual se pudo percibir que la estudiante ya señalaba otras fases que plantea la teoría sobre el ciclo celular; evidencias que se presentan en la tabla 20.

Tabla 20. Descripciones del ciclo celular de E4 en la actividad 11

<b>Etapas del ciclo</b>	<b>Expresiones de la estudiante sobre las características del proceso (E4A11)</b>
G0	"[...] acá la célula no está en procesos hacia la división..."
G1	"[...] crecimiento celular y la síntesis de proteínas [...]"
S	"[...] en esta se replica el ADN, al finalizar esta etapa la célula tiene el doble de material genético [...]"
G2	"[...] hay crecimiento de estructuras celulares, generación de proteínas necesarias y finaliza con la condensación de los cromosomas [...]"
M	"[...] acá la célula progenitora se divide en dos..., en esta el ADN debe estar duplicado y conformados los cromosomas... La mitosis tiene etapas: profase, metafase, anafase y telofase"

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Sin embargo, cuando se le indagó sobre el control del ciclo celular, la estudiante emite conceptos que no son coherentes con las posturas teóricas sobre ciclo celular, mostrando que aún no comprende cómo se caracteriza la regulación del ciclo celular; lo que puede evidenciarse el siguiente fragmento de la entrevista 1:

Profesor: - *“una célula normal necesita recibir una señal desde el exterior para iniciar su división”*

E4: -*“No, eso va en el tiempo y duración de las etapas del ciclo.”*

P: -*“hay variabilidad genética mediante el proceso de mitosis:”*

E4: -*“Sí, tratando los genes de la célula madre, en las células hijas se verán reflejados los cambios.”*

Aunque ya la estudiante integra nuevos conceptos a sus ideas previas sobre ciclo celular, las relaciones que establece aun no son las más acertadas, principalmente en lo que se refiere a la manera como se regula el ciclo y las características finales de la mitosis (E4A11).

En coherencia con el propósito de presentar los conceptos fundamentales del ciclo celular, para que la estudiante pueda generar nuevas relaciones entre lo que aprende y de esta manera fortalecer su comprensión de este proceso, se realizaron actividades alrededor del concepto de cromosoma mitótico; considerando que comprender el concepto de cromosoma es fundamental para la estructuración del modelo mental sobre ciclo celular, por lo tanto la actividad 15, centrada en la construcción de modelos de cromosomas mitóticos (A15) y la actividad 16, referente a la entrevista alrededor de la modelización del cromosoma y su importancia (A16), apuntan a favorecer y fortalecer el aprendizaje del concepto de cromosoma. Del modelo de cromosoma mitótico que construyó E4 y que se ve en la figura 26 (A15), podemos decir que su aspecto general es

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

consistente con los conceptos teóricos, pero no tiene demasiados elementos; es decir, no son consideradas partes importantes de este elemento celular como el centrómero, los telómeros y proteínas histonas. En cuanto a la narración de la estudiante para explicar su modelo y la importancia del cromosoma en los procesos celulares, ella expresa de manera acertada que el ADN es diferente a cromosoma y que sin cromosomas la célula no podría vivir; no obstante, reconoce que imágenes de internet influenciaron su modelo (E1A16).



Figura 26. Representaciones de cromosomas mitóticos de E4.

Es importante señalar algunas apreciaciones que hizo la estudiante de manera consecuente con la teoría sobre generalidades y funciones del cromosoma mitótico (E4A16), para ella:

- Todos los seres vivos tienen cromosomas.
- Cada célula de un mismo organismo tiene diferentes cromosomas.
- Entre dos organismos diferentes el número cromosómico varía.
- Cada especie tiene un número de cromosomas determinado.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

- El empaquetamiento de ADN para la formación del cromosoma es necesario para la división.

Si bien la estudiante demostró un buen dominio en lo que se refiere al concepto de cromosoma, permanecen algunas inconsistencias como la presencia de dos copias de cada cromosoma y las relaciones entre gen y cromosoma.

En las actividades que se propusieron alrededor del concepto de mitosis (etapa del ciclo celular de difícil comprensión por parte de los estudiantes), la estudiante al realizar la actividad 17 (A17) identifica y representa coherentemente las fases de la mitosis, y en el momento de la segregación de los cromosomas a las células nuevas, fase conocida como anafase, es claro para ella que cada célula nueva tendrá una copia de cada cromosoma (E4A17). Este acierto se manifiesta nuevamente al proponerle que esquematice una célula en anafase (A22), y represente una separación correcta de las diadas, como se ve en la figura 27.

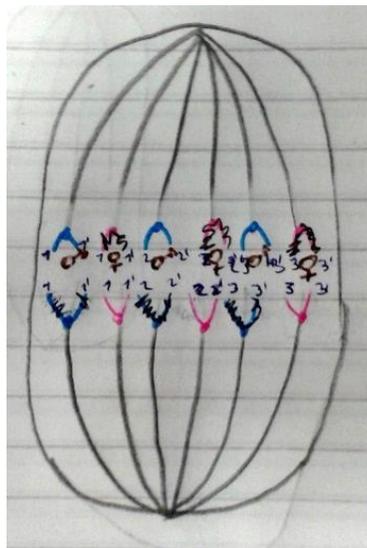


Figura 27. Representación de E4 sobre la anafase

Para esta estudiante la muerte celular está presente desde sus preconcepciones, y considera que a la célula le “pasa eso” si hay algo que la afecte o algo que le falte. Al proponer lecturas que tienen como eje este tema y sus características, puede percibirse que a la estudiante se le dificulta entender este proceso, al manifestar que hay palabras desconocidas y rutas moleculares complejas, y a pesar de que se ponen en discusión, por sus expresiones se evidencia que no es muy claro este proceso; aunque se tomó conciencia del origen, ocurrencia e importancia de la ocurrencia de este proceso (E4A27).

Para precisar cómo estas actividades que se trabajaron en esta primera etapa favorecerían la modificación del modelo mental de ciclo celular, al ofrecer estos nuevos elementos para la construcción y fortalecimiento de conceptos, tanto de manera individual como colectiva, se le solicita a la estudiante que cree una nueva animación sobre ciclo celular donde evidentemente se ve un avance importante, como puede verse en la figura 28 (E4A29).

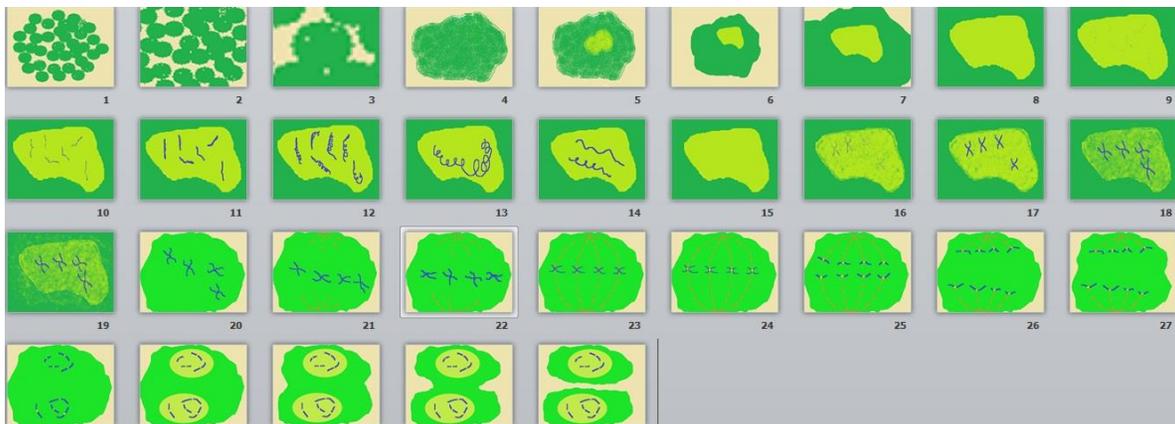


Figura 28. Secuencia de imágenes de la segunda animación construida por E4.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

En esta nueva animación (A29), la estudiante tiene en cuenta todas las fases del ciclo celular a diferencia de su modelo inicial; integra muchos elementos acertados y que convierten su modelo en uno que es más explicativo y funcional logrando interpretar el proceso con mayor facilidad. En la tabla 21 se resumen algunos elementos que aparecieron en su nueva representación y otros que aún no son claros para ella.

<b>Consistencias de la segunda animación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duplicación del material genético en la fase S.</li> <li>• Desintegración del núcleo.</li> <li>• Condensación de los cromosomas.</li> </ul>
<b>Incongruencias en la segunda animación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de las ciclinas.</li> <li>• Crecimiento en G1.</li> <li>• La preparación para la división en G2.</li> </ul>

Tabla 21. Elementos destacados de la segunda animación construida por E4.

Al observar la animación de E4 se nota que aún hay algunas inconsistencias como los procesos que se llevan a cabo en G2 y la regulación por medio de las proteínas ciclinas, pero a pesar de esto es notable el cambio entre la primera exteriorización del modelo mental y esta nueva representación.

En este orden de consideraciones y con la intención de posibilitar un mejor entendimiento de algunos conceptos abstractos que conforman el ciclo celular, integramos a las clases algunas herramientas TIC, considerando que éstas pueden favorecer las tareas de representación; como es el caso de las

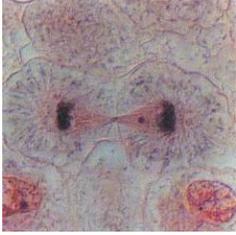
## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

presentaciones en *powerpoint* (A32) y animaciones (A35) sobre el ciclo celular, y de esta manera mostrarles a los estudiantes los diversos modelos conceptuales utilizados para abordar la enseñanza del concepto de ciclo celular.

A la estudiante le llamó la atención la manera como se empaquetaba el ADN para estructurar el cromosoma mitótico y expresó que ahora ya le era más claro entender el papel de las histonas. Igual impacto generó en ella visualizar en una animación qué tan necesarios son los nutrientes para la que la célula pueda entrar en proceso de división celular (E4A38).

Como otra estrategia para identificar la apropiación de los conceptos que se habían venido trabajando con respecto al ciclo celular, se propusieron las actividades 36 y 37, que tenían como propósito que la estudiante buscase modelos o representaciones de células en diferentes etapas del ciclo celular y cromosomas mitóticos en la internet y les realizase una crítica para determinar qué elementos son coherentes con los abordados en clase, así como sus incongruencias. Los resultados de esta actividad se presentan en la tabla 22.

Actividades que proponen el análisis de modelos conceptuales encontrados en internet (E4A36) y (E4A37)	Figura	Expresiones de E4 consistentes con los conceptos teóricos
CLASIFICACIÓN DE CÉLULAS EN EL CICLO CELULAR		<p><i>"[...] Esta imagen es de telofase, se observan casi dos, está concluyendo su división y se ve como ambas células en formación poseen las mismas características y sus núcleos están listos, falta que se termine de separar ambas membranas2.</i></p>

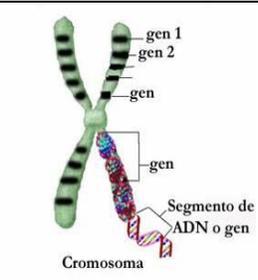
		<p>“[...] Anafase, Se observa como los cromosomas ya se están dirigiendo hacia cada uno de los polos de las células (hacia los centriolos que se extrapolaron) para dar los últimos procesos de la división. [...]”</p>
		<p>“[...] Citocinesis, la célula terminó su separación de la membrana. Se observan las células hijas, iguales y completamente independientes. [...]”</p>
<p>MODELOS DE CROMOSOMAS</p>		<p>“[...] Este modelo no me parece bien elaborado, ya que aunque se ve que el cromosoma está formado de ADN se ve de manera lineal y muy corta. Aparte de que no se resalta el centrómero [...]”</p>
	 <p>Cromosoma fuente: diseño Carmen Eugenia Piña L.</p>	<p>“[...] Este modelo me parece muy bueno, ya que en él se da una gran explicación sencilla, de las partes genéticas de alguno de los cromosomas. Además, hay una sección de este modelo en la que se muestra como está el ADN perfectamente empaquetado...”</p>

Tabla 22. Consistencias del análisis de imágenes de células y cromosomas.

Los resultados obtenidos de esta actividad para E4 muestran que ya posee elementos suficientes que le permiten identificar las fases del ciclo celular y mitosis, además de poder hacer una crítica reflexiva de los modelos que encuentra en internet; sin embargo, aún se manifiestan dificultades en la comprensión de la relación gen – cromosoma.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Buscando mejorar la comprensión del proceso de muerte celular y sus características, se proponen varias actividades. A continuación se analizan los resultados de dichas actividades para esta estudiante en particular.

La estudiante realiza una exposición oral sobre este tema apoyándose en una presentación de *powerpoint* con imágenes de apoptosis encontradas en internet (A39). Examinando la presentación y el discurso de la estudiante puede verse un buen dominio y comprensión de las características e importancia del proceso, como por ejemplo la autofagia como proceso regulador en la célula; lo que puede evidenciarse en algunas expresiones tales “La autofagia controla y regula procesos intracelulares, por ejemplo organelas con mal funcionamiento”.

- “Los lisosomas son los encargados de realizar la digestión interna de lo que no funciona o es necesario degradar”.
- “Si no hay apoptosis, la células defectuosas se pueden seguir reproduciendo causando problemas al organismo”.

Al realizar las actividades A40, A41 y A42, que hacen énfasis en el proceso de muerte celular, sus características y su importancia en el desarrollo de los seres pluricelulares, la estudiante demostró un dominio satisfactorio sobre este concepto y consiguió esquematizar en compañía de sus compañeros las diferencias principales entre una célula en apoptosis con una que está sana, como se puede ver en la figura 29.

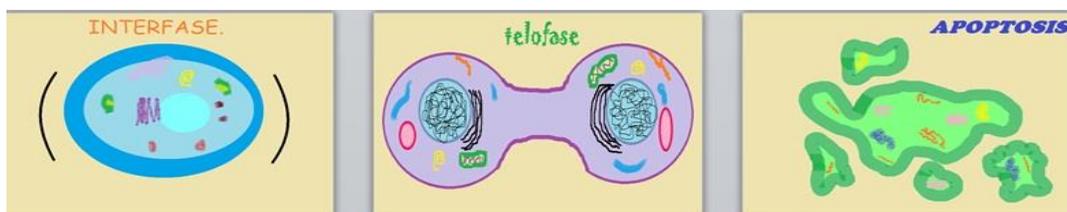


Figura 29. Comparación entre células realizado por E4 y sus compañeros.

Estas actividades realizadas a lo largo de la propuesta didáctica han ofrecido nuevos conceptos para que la estudiante tenga recursos de dónde elegir elementos para modificar su modelo mental, y con algunas actividades se ha percibido que E4 se apropia del tema cuando es ella la que debe exponerlo a sus compañeros, destacándose su participación en las actividades grupales como exposiciones y talleres. De igual manera las explicaciones del profesor sobre el ciclo celular apoyado en animaciones le permitieron visualizar mejor y comprender los modelos conceptuales que existen sobre este tema. La interacción con estas animaciones y representaciones digitales de los modelos conceptuales presentados en las clases para apoyar la presentación de los conceptos teóricos fueron de gran significancia para el aprendizaje de esta estudiante y por lo tanto para la modelización sobre ciclo celular. Según ella, estas actividades; *“aclararon todos los conceptos que habíamos visto en la teoría que no logran ser entendibles con solo una lectura o la explicación”* (E4A44).

**Subcategoría: Aproximaciones de los modelos mentales a los modelos conceptuales (M3).**

Con el fin de analizar la tercera subcategoría (M3) y así tratar de identificar el aprendizaje del concepto, se comparó el modelo conceptual con la exteriorización del modelo final de ciclo celular que elaboró la estudiante (E4A43). En la figura 30 se puede ver la secuencia de la última animación que creó la estudiante; este modelo tiene un acercamiento aceptable al modelo conceptual, tiene algunos de los elementos básicos que caracterizan el ciclo de la célula y permite explicar en gran medida la función e importancia de este proceso en la vida de los organismos pluricelulares, pero aún hay elementos importantes que están ausentes, como

detallar los procesos en G1 y la participación de ciclinas para la regulación del ciclo.

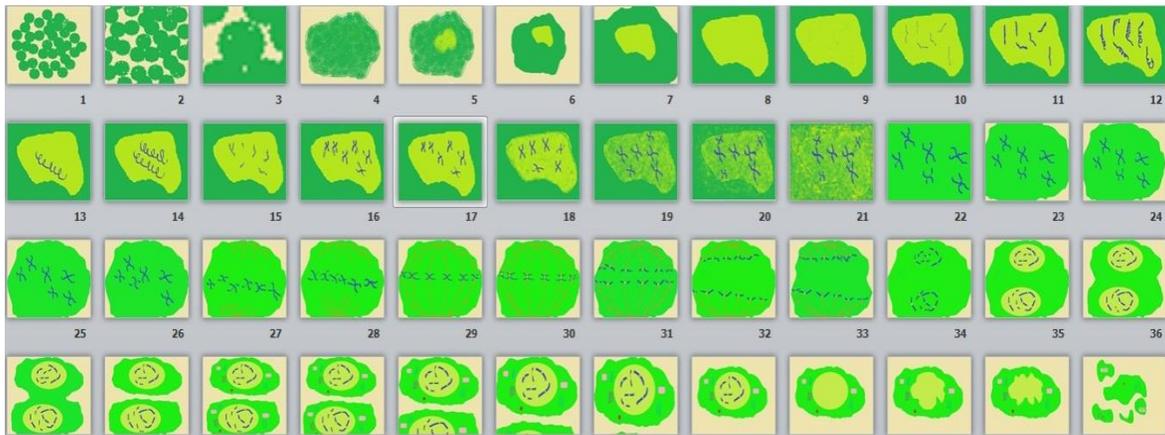


Figura 30. Secuencia de imágenes de la última animación construida por E4.

En este nuevo modelo la estudiante esquematiza tanto la interfase como la mitosis, pero enfoca los procesos de G1 solo en el núcleo, desconociendo otros de los procesos que ocurren a nivel citoplasmático; evidencia de esto es que en la entrevista ella menciona: “[...] vamos a centrarnos en el núcleo que es donde se vienen a dar todos los procesos en G1, de la interfase [...]” (E4A44). Al explicar la interfase en su modelo, se centra solamente en los procesos que se dan alrededor del ADN, algo rescatable pero no menciona procesos como síntesis de proteínas o regulación por ciclinas (E4A4).

A grandes rasgos la estudiante describe satisfactoriamente las fases de la mitosis y explica cómo se va dando esa división y la importancia que tiene en el mantenimiento de los organismos.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Cuando se le indagó acerca de cómo ve su nuevo modelo con referencia al primero que construyó, ella de manera entusiasta reconoció su gran avance y admite que ha cambiado mucho y que ha integrado muchos elementos. Estas apreciaciones se pueden ver en el siguiente fragmento de la entrevista (E4A44).

Profesor: *piensa en tu primer modelo de ciclo celular y compáralo con éste, ¿Hay diferencias?*

E4: *“es muy diferente porque uno ve que ahora son muchas cosas, uno ve que función está cumpliendo cada orgánulo, uno comienza a ver que no es que ya se rompió y entonces todo quedó ahí tirado, sino que todo está como cronológicamente programado y es muy muy diferente. Si uno tuviera más habilidades supongo que uno lo haría más específico.”*

La construcción de un modelo mental nos dota de un poder explicativo y predictivo sobre una situación específica, para ella este modelo es predictivo ya que ante algunas suposiciones sobre alteraciones que podría tener la célula, ella indica qué le ocurre a la célula, si ésta vive o muere. El siguiente fragmento de la entrevista nos da algunas luces sobre esto:

Profesor: - *“¿Qué pasa?, supongamos con esta célula que tú me representas acá, ella se preparó para mitosis, pero es revisada y tiene problemas, no pasa el checkpoint, ¿qué pasaría ahí con tu modelo?, ¿seguiría igual?, ¿cambiaría?*

E4: - *“No, para mí ya ahí muere la célula, hay como una autodestrucción o apoptosis, algo así.”*

La estudiante reconoce la importancia del ciclo celular en los seres pluricelulares y lo asocia principalmente con algo dinámico, con renovación y reconoce que

entendiendo el ciclo celular se podrían entender mejor algunas enfermedades y por lo tanto su cura o tratamiento; y al respecto, ella manifiesta que:

“ [...] sin el ciclo entonces uno siempre sería lo mismo, algo ahí estático y ya, y nada más sucedería, mientras que con el ciclo se producen nuevas cosas, cuando uno analiza el ciclo ya vienen las cosas científicas y la cura para enfermedades.[...]” (E4A44), comprendiendo la célula como la unidad fundamental de los organismos y mostrando que comprende la dependencia del funcionamiento del organismo del funcionamiento de la célula, como lo propone la teoría celular.

Todo lo anterior permite percibir una evolución en el modelo mental de E4, al observar sus animaciones y el progreso en su discurso. Su modelo mental sobre ciclo celular es más explicativo y predictivo, aunque también simplificado. Se ven incorporados elementos nuevos y pudo generar conexiones entre ellos en la medida en que construyó una representación cada vez más funcional, logrando con esto expresar y comprender aspectos biológicos donde es importante el proceso de ciclo celular.

**Categoría: Papel de las *Mindtools* en la externalización de modelos mentales.**

**Subcategoría: Ventajas y limitaciones de las *Mindtools* como herramientas didácticas para la construcción de modelos mentales (H1).**

Para explorar el papel de *powerpoint* y de *paint* como *Mindtools* útiles para la externalización de los modelos mentales, se analizó la primera subcategoría que

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

busca identificar las ventajas y desventajas que la estudiante ve en las herramientas TIC que utiliza para crear su animación (H1).

Durante la implementación de la propuesta didáctica, se indagó sobre cuál era la percepción hacia el trabajo con las herramientas tecnológicas elegidas para la creación de sus animaciones; en este sentido, la estudiante 4 resalta la facilidad de trabajar con las herramientas propuestas, dice que no hay que hacer mucho esfuerzo en aprenderlas a manejar y que le parecen muy fáciles porque ya las conocía; además de ofrecer la capacidad de copiar, pegar, aumentar tamaño, para que queden iguales las células y así poder visualizarse como una animación (E4A44).

Aunque considera que pueden existir programas que permitan hacer animaciones de mejor calidad, en cuanto a efectos de imagen y sonido, reconoce que para ella que no acostumbra utilizar estos recursos tecnológicos (*powerpoint y paint*), *estas herramientas* resultaron muy prácticas y oportunas, ya que como lo afirma, *“apenas estoy empezando con lo de las animaciones y es más fácil trabajar con ellas (powerpoint y paint)”* (E4A44).

Para la estudiante es mejor trabajar con estas herramientas porque según ella *“me va mejor que dibujando, se ve que siempre va a estar representada la misma célula, mientras que uno dibujando uno siempre se va a preguntar si es la misma o si fue otra, o si cambié, para mí eso es la mejor ventaja, porque si se va a ver como una animación”* (E4A44) y de esta manera estas herramientas cumplen como lo advierte Jonassen (1996), con el hecho de que la aplicación debe ser utilizada para representar conocimiento, lo que alguien sabe o cómo alguien sabe representar contenido o conocimiento.

Al hacer uso de estas *Mindtools* la estudiante pudo exteriorizar las ideas que tenía en su mente sobre ciclo celular, esquematizar diferentes elementos que a lo largo de la propuesta didáctica fue adquiriendo, modelizando y estableciendo relaciones entre esos elementos y de esta manera hacer una construcción que le permitió contemplar el ciclo celular como un evento continuo y no una serie de eventos aislados.

**Subcategoría: Actitudes de los estudiantes hacia el trabajo con las *Mindtools* para la externalización de sus modelos mentales (H2).**

La segunda subcategoría de análisis para explorar el alcance de las *Mindtools* en la construcción de modelos mentales, busca reconocer las actitudes de la estudiante frente al trabajo con *las Mindtools* durante la propuesta metodológica. La estudiante al inicio permaneció reacia a iniciar el trabajo; de hecho, estuvo alrededor de 10 minutos sin querer empezar a trabajar, porque según ella tenía idea de lo que era el ciclo celular, pero no sabía qué hacer. Al preguntarle si era por trabajar con el computador, expresó que no, que su actitud se debía más a la impotencia de no saber cómo empezar y plasmar lo que quería; y luego de conversar con ella acerca de la actividad, sobre su propósito y aclararle que no se pretendía la construcción de un modelo perfecto del que dependiera la calificación, poco a poco empezó su trabajo y lo realizó con mucha seriedad y dedicación; aunque se notaba un poco frustrada por no tener elementos que integrar a su modelo y definir que era “muy sencillo”.

Durante los trabajos de modelización la estudiante se observa con una actitud relajada y propositiva, comenta con sus compañeros cómo está utilizando las herramientas tecnológicas y se concentra para terminar el ejercicio propuesto.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Así, entonces se pudo identificar un cambio de actitud hacia el trabajo con las *Mindtools* propuestas, a medida que la estudiante adquirió nuevos conocimientos gracias a la propuesta didáctica; y posiblemente esto le dio más seguridad para iniciar la construcción de su modelo y de esta manera acercarse al modelo conceptual.

Aunque al principio de la propuesta didáctica la estudiante se mostró reacia a iniciar las primeras actividades, fundamentalmente por sentirse frustrada al no saber qué representar y no por “temerle” al trabajo con las *Mindtools*, sino posiblemente por no estar acostumbrada a que se le indagara sobre sus ideas previas y pedirle que los representara; el progreso de esta estudiante se fue dando tanto en el manejo de la herramienta, en la que alcanzó grandes avances, como en la apropiación de los conceptos del ciclo celular, en los cuales mejoró notoriamente. La evolución en la exteriorización del modelo mental de esta estudiante fue lenta y progresiva, introdujo nuevos elementos en su animación pero no se percibe aun que las relaciones que establece entre los conceptos que hacen parte del ciclo celular estén bien encadenadas; su experiencia con las herramientas mentales fue muy significativa para su acercamiento y aprendizaje, disfrutó las actividades propuestas al tiempo que mejoraba el uso de las *Mindtools*; este ambiente favoreció la transformación de sus ideas sobre el ciclo celular.

### **Análisis de resultados, caso 5**

El caso 5 es un estudiante de 18 años que tuvo un buen desempeño en la asignatura fundamentos de biología, prerrequisito para el curso de biología celular; en general tiene un rendimiento académico bueno, es un usuario constante de

diferentes herramientas TIC para sus labores académicas, y por lo tanto tiene un excelente dominio de las *Mindtools* que se proponen en este trabajo.

### **Análisis de las categorías para el estudiante 5**

**Categoría: Evolución de Modelos mentales sobre ciclo celular**

**Subcategoría: Características de los modelos mentales iniciales de ciclo celular (M1).**

Para identificar las concepciones previas que tiene el caso (E5) sobre ciclo celular y reconocer las fortalezas e inconsistencias que tiene con respecto al tema, se plantearon las actividades iniciales (A1, A2, A3 y A4).

Al mostrarle varias imágenes reales sobre células en diferentes estadios de su ciclo de vida (A1), el estudiante expresa que las células que ve son células en división; pero no identifica ninguna fase del ciclo celular. De manera particular, el estudiante asocia al ciclo celular con la generación de tumores, lo que puede indicar que reconoce el proceso de ciclo celular como proceso para la generación de nuevas células y que probablemente comprende los tumores como una continua división de células, al expresar que: *“si el ciclo celular es división, entonces podría desencadenar un tumor porque un tumor serían muchas células creciendo”*.

Para él es claro que las células sufren procesos de cambio y tienen diferentes tiempos de duración, además de tener diferentes funciones dependiendo del tejido que conformen, como se puede ver en el siguiente fragmento de conversación (A2):

*Profesor: -“¿Cuánto tiempo crees que una célula puede vivir en nuestro cuerpo?”*

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

*E5: -“Es relativo, las neuronas toda la vida, pero hay otras que pueden vivir un minuto, un día, una semana, un par de años.”*

*p:- “¿De qué depende que viva un día, una semana o años?”*

*E5: - “Que viva un día depende de su función, de la estructura en donde esté presente, por ejemplo en las células de la piel o el corazón, de factores externos.”*

*(E5A2).*

Con la tercera actividad se le pidió al estudiante construir una animación que representase su modelo mental sobre ciclo celular, con el propósito de conocer la manera en que concibe este proceso celular, y así identificar las características fundamentales iniciales que definen para él dicho proceso.

El estudiante posee varias habilidades para la construcción de animaciones y propone realizar su animación utilizando herramientas diferentes (*moviemaker*) a las que se plantean en la propuesta didáctica. La utilización de las herramientas que propone el estudiante no desvirtúa la intención de realizar las animaciones, ya que de igual manera estas se constituyen en la exteriorización de su modelo mental sobre ciclo celular y permiten explorar los elementos que, desde la perspectiva de este estudiante, lo componen.

Como puede verse en la figura 31, el primer modelo construido por el estudiante está lejano conceptualmente del modelo de ciclo celular propuesto por los expertos, y están ausentes varios elementos fundamentales para que el modelo sea considerado consistente con referencia al modelo conceptual.

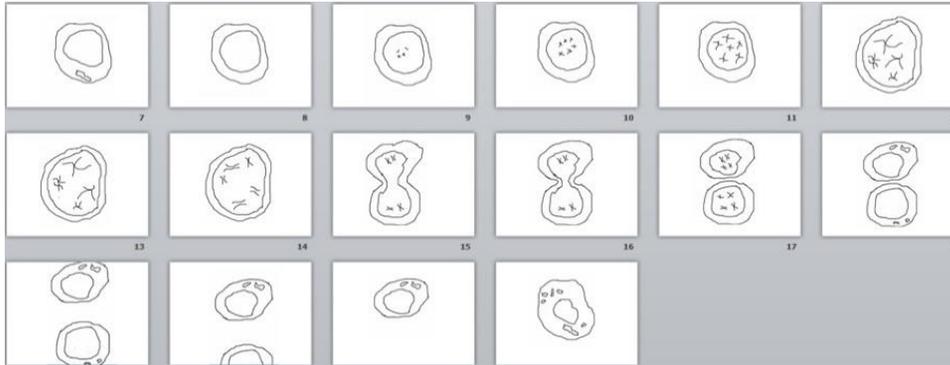


Figura 31. Secuencia de imágenes de la primera animación construida por E5.

Básicamente se concentra en el proceso de mitosis, aparecen “espontáneamente” los cromosomas y el núcleo no desaparece en todo el proceso. Claramente se observa que su modelo hace énfasis en la generación de nuevas células por medio de la división celular, sin reconocer elementos fundamentales como la replicación del material genético o la recuperación de la célula después de la división.

Al entrevistarlo sobre lo que significaba su animación y por qué la había realizado de esa manera (A4), se nota que tiene una concepción lineal del ciclo celular; es decir, lo entiende como el proceso desde que se origina una célula hasta que muere. Sin embargo, reconoce varios elementos importantes como es la participación de las diversas organelas en el proceso celular; esto cuando mencionó que *“es importante que lo ribosomas sinteticen las proteínas necesarias para la división celular y que las mitocondrias aporten la energía”* (E5A4).

El estudiante reconoce que este proceso de ciclo celular es importante para los organismos celulares, y al preguntarle sobre las consecuencias de alguna alteración del proceso, expresa que como seres pluricelulares estamos hechos de muchas células y que si es una sola la que se afecta no hay tanto problema, pero

si es de forma generalizada, afecta la sobrevivencia del organismo. Esto demuestra unas ideas consecuentes con la teoría celular que propone que del funcionamiento de la célula depende el funcionamiento del organismo.

En lo que corresponde a la primera subcategoría de análisis (M1), se identifica que para este estudiante, su modelo inicial está parcialmente alejado del modelo conceptual que se plantea para ciclo celular; considerando que para él, el ciclo celular es correspondiente a división celular, que este ciclo de las células son los eventos de la vida “de *la célula desde que se origina hasta que muere*”; y en esta idea que tiene sobre este proceso, están ausentes elementos fundamentales como la replicación del material genético y la desintegración del núcleo en mitosis. Para él, ciclo es división celular y a pesar de que tiene algunas ideas previas congruentes con la teoría, como es la segregación de cromosomas y la idea de que las células nuevas que se generan son iguales a la madre, el concepto de ciclo celular aún está distante del modelo conceptual aceptado por la comunidad científica.

**Subcategoría: Estrategias que influyen en la transformación de los modelos mentales (M2).**

En la propuesta didáctica se presentan diversos elementos conceptuales que componen el ciclo celular desde varias actividades, y además de ofrecer nuevos elementos, se trataba de percibir qué actividades aportaban de manera significativa a la evolución del modelo mental. Estos nuevos contenidos fueron presentados mediante diferentes estrategias para que el estudiante tuviera más insumos que permitiesen que eventualmente su modelo mental sobre el ciclo celular sufriera modificaciones que mostraran indicios de una mejor apropiación de este concepto.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Se inició entonces con la exposición oral por parte del profesor, donde se presentaron los conceptos básicos aceptados en la comunidad científica sobre el ciclo celular (E5A7), y hacia esta exposición el estudiante se mostró altamente interesado y pareciendo comprender los nuevos conceptos presentados por el profesor, los cuales relacionaba con los conocimientos previos que tenía, como puede verse en la pregunta planteada por él:

“¿entonces el cáncer es una alteración del ciclo celular, ya que para el ciclo es crecimiento y el cáncer son tumores, o sea que son muchas células creciendo?”.

Alrededor de esta cuestión se generó una discusión en la cual el estudiante demostró que reconocía el proceso de ciclo celular como algo determinante en el crecimiento y funcionalidad de los organismos, este estudiante en particular, muestra que asocia el ciclo celular principalmente con el cuerpo humano.

Para conocer la manera en que relaciona los diferentes elementos del ciclo celular que se le presentaron en la actividad anterior, se le propuso realizar un mapa conceptual en el que sintetizase la información entregada en la clase; y a partir de éste se evidenció que establecía conexiones acertadas y desglosaba bien los componentes del ciclo celular, destacando que cada uno tiene su importancia para la actividad celular. El mapa que construyó el equipo del estudiante 5 se muestra en la figura 32.

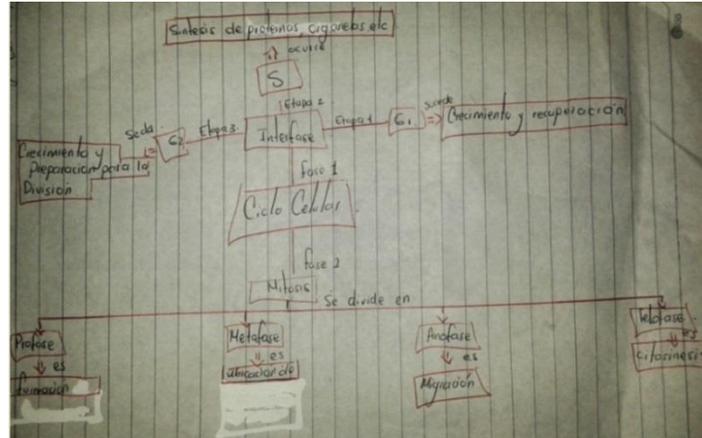


Figura 32. Mapa conceptual construido por E5 y sus compañeros.

El taller número 1 (A11) permitió que el estudiante expresara cómo comprendía y establecía relaciones entre los conceptos adquiridos sobre ciclo celular y el funcionamiento de un organismo pluricelular y poder así generar discusiones con sus compañeros alrededor de las etapas del ciclo celular. Esta actividad le ayudó a construir con sus compañeros de clase un concepto más coherente con la teoría; se pudo notar que el estudiante, correlacionó las lecturas propuestas con las explicaciones del profesor (A8, A10). Algunos de los elementos trabajados en el taller se recogen en la tabla 23.

<b>Etapas del ciclo</b>	<b>Expresiones del estudiante sobre las características del proceso (E5A11)</b>
<b>G0</b>	"[...] Es un periodo en el ciclo de una célula en donde realizan sus funciones, pero no continúan en el ciclo celular [...]"
<b>G1</b>	"[...] Primera fase del ciclo celular, se presenta crecimiento celular, síntesis de proteínas y ARN [...]"
<b>S</b>	"[...] Replicación del material genético, al final de la fase la célula tiene el doble de material genético [...]"

<b>G2</b>	<i>“[...] Crecimiento y duplicación de proteínas, cambios para el inicio de la división, esta etapa termina en el momento de la condensación de los cromosomas [...]”</i>
<b>M</b>	<i>“[...] División de la célula se divide en dos, esta subdividida en profase, metafase, anafase y telofase [...]”</i>

Tabla 23. Descripciones del ciclo celular de E5 en la actividad 11

En el proceso de división mitótica, los cromosomas se empaquetan para que se pueda dar la migración correcta de las cromátidas en el proceso de mitosis; por esta razón, la comprensión de este proceso y el conocimiento de esta estructura es esencial para entender la etapa del ciclo celular donde se da el proceso de división del material genético. Con la intención de que el estudiante afianzase estos conceptos, se propuso la actividad 15 (A15), la construcción de un cromosoma mitótico con algunos materiales, y de esta manera conocer las ideas iniciales que tenía el estudiante sobre el cromosoma.

El modelo de cromosoma que construyó el estudiante, y que se muestra en la figura 33, tiene elementos esenciales, es consistente con los conceptos teóricos y representa las partes que son básicas en el modelo conceptual, como por ejemplo la doble hélice del ADN, los telómeros y el centrómero. También representa el empaquetamiento que hace éste para conformar el cromosoma; sin embargo, no representa las proteínas histonas (E5A15).

Al realizar la entrevista 2 (A16), para tratar de indagar más sobre los preconceptos sobre cromosoma, el estudiante expresó muchos conceptos coherentes con la teoría, como por ejemplo que ADN no es lo mismo que cromosoma y que es necesario que las histonas participen en el empaquetamiento ya que éstas ofrecen “apoyo” a los nucleótidos del ADN para poderse enrollar. Otro aspecto que esta actividad favoreció fue que el estudiante comprendió que es necesario que este

empaquetamiento de ADN se dé, para una correcta segregación de la información genética; y en sus palabras: *“es importante que se enrolle para que nada altere o dañe el material genético mientras se reparte a las células nuevas”* (E5A16). De igual manera él demostró comprender que en un mismo organismo hay varios tipos de cromosomas y que éstos tienen diferente tipo de información, pero aclarando que de cada tipo de cromosoma hay dos copias. E5 puntualizó: *“somos diploides, tenemos 2 copias de cada cromosoma”*, también reconoce que todos los organismos tienen su propio número de cromosomas y que esto puede explicarse por motivos evolutivos. (E5A16).



Figura 33. Representación de cromosomas mitóticos de E5.

Generalmente la división celular, ya sea por mitosis o meiosis ha sido de difícil comprensión y comúnmente se crean confusiones en su aprendizaje por parte de los estudiantes; para el estudiante 5, la mitosis es comprendida de manera general, y al indagar sobre las características y fases particulares del proceso, se pueden evidenciar que ya las conoce y que tiene unas ideas básicas coherentes con la teoría. Con la actividad 17 (A17) que consiste en representar las fases de la mitosis con los cromosomas que construyeron, este estudiante demostró gran

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

dominio del tema y orientó a sus compañeras en el proceso; sin embargo, dudó un poco en el momento de la telofase, episodio que se prestó para una pequeña discusión donde pudieron llegar a un acuerdo sobre cómo deberían ir los cromosomas (E5A17). Para determinar ya de manera individual la asimilación de las fases de la mitosis se plantea la actividad 22 (A22), en la que se le pide plasmar una célula en metafase. Como se muestra en la figura 34, el estudiante demuestra tener claro el proceso, dado que la célula que esquematiza en esta fase es congruente con lo que propone el modelo conceptual (E5A22).

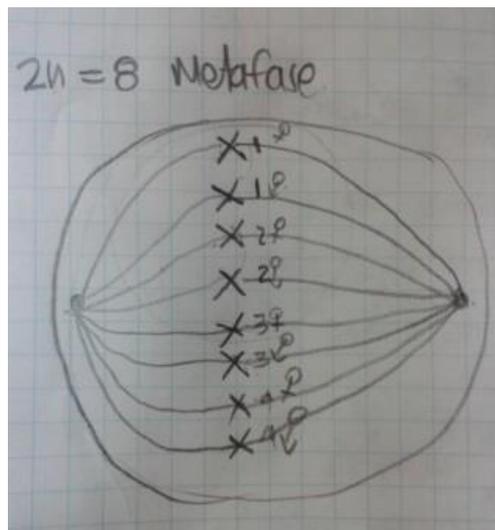


Figura 34. Representación de E5 sobre la metafase.

La muerte celular es un proceso fundamental para el funcionamiento y estructura de los organismos pluricelulares; y en relación con esto, fueron presentadas en la actividad 26 (A26) varias lecturas sobre este tema con el propósito de que el estudiante conociera los referentes teóricos sobre el mismo. Al discutir a nivel grupal sobre las lecturas y llevarse a cabo una reflexión sobre las mismas, se evidencia que el estudiante comprende este proceso de manera global y reconoce

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

su importancia; sin embargo, no domina conceptos moleculares puntuales de este proceso, situación comprensible considerando que era la primera vez que se le presentaba el tema y la complejidad del mismo (E5A27).

Luego de haberle presentado los conceptos fundamentales del proceso de ciclo celular, era pertinente indagar si estos nuevos elementos trabajados en las actividades propuestas tanto individuales como grupales, habían propiciado alguna modificación en su modelo mental sobre ciclo celular; y con la actividad 29, en la que se le pide crear una nueva animación del ciclo celular, surge esta nueva exteriorización que se muestra en la figura 35 (E5A29), en la que se espera detectar posibles cambios generados en la comprensión de este tema.

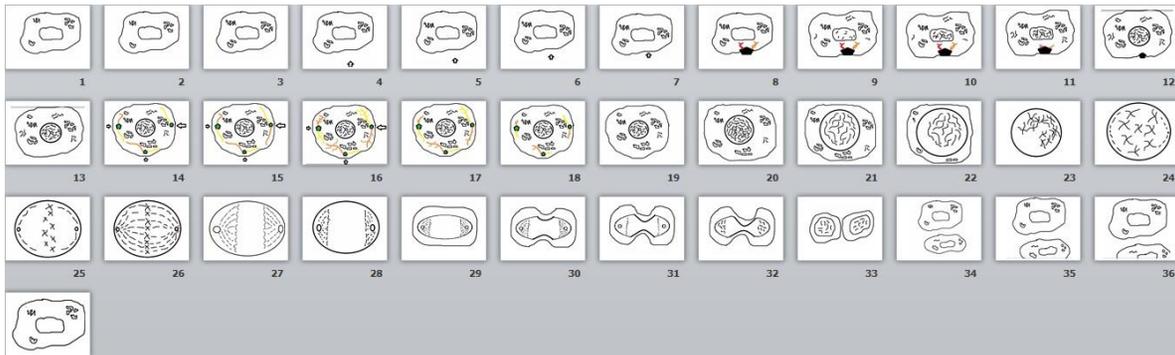


Figura 35. Secuencia de imágenes de la segunda animación construida por E5.

En esta nueva animación fácilmente se percibe un gran cambio con respecto al modelo inicial, ya en esta exteriorización se pueden ver muchos elementos fundamentales del ciclo celular, como son las diferentes etapas y los procesos de señalización que regulan el ciclo celular. Esta actividad permitió que el estudiante se replanteara su primer modelo y lo modificara utilizando la información que obtuvo en las actividades anteriores. En la tabla 24 se muestran los elementos que son consistentes y los que no lo son en la nueva exteriorización de su modelo

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

mental sobre ciclo celular. Y se encuentra que en esta animación de E5 (A29) ya se evidencia un avance en su modelo mental al acercarse más al modelo conceptual.

<p><b>Consistencias de la segunda animación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Receptores de señales.</li> <li>• Participación de ciclinas.</li> <li>• La replicación del ADN en la fase S por la polimerasa.</li> <li>• La preparación para la división en G2.</li> <li>• Condensación de los cromosomas.</li> </ul>
<p><b>Incongruencias en la segunda animación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos en G0.</li> <li>• Origen de las ciclinas.</li> <li>• Necesidad de nutrientes.</li> <li>• Posibilidad de la muerte celular.</li> <li>• Desintegración del núcleo.</li> </ul>

Tabla 24. Elementos destacados de la segunda animación construida por E5.

Indiscutiblemente las TIC se ha convertido en una necesidad vigente en la escuela actual, el uso de estos recursos tecnológicos se constituye en una herramienta cognitiva que favorece los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, ya que facilita la interacción con modelos conceptuales y nos ofrecen varias posibilidades para representar algunos conceptos biológicos, como el ciclo celular; por lo tanto en las actividades siguientes se utilizaron recursos tecnológicos como presentaciones de *powerpoint* con imágenes digitales (A32) y animaciones (A35) para presentar los aspectos relacionados con el ciclo celular.

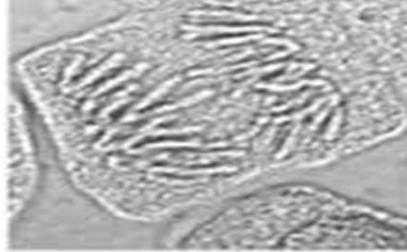
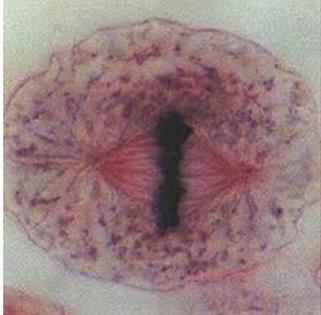
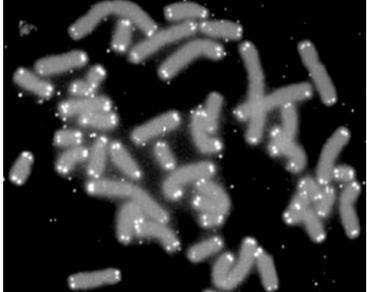
Al apoyar las clases con estos recursos tecnológicos, el estudiante pudo percibir de mejor manera varias ideas acerca del proceso de ciclo celular, como por

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

ejemplo: la migración de las cromátidas, el empaquetamiento del cromosoma y la nutrición celular, y de esta manera contrastar y reflexionar sobre cómo ha entendido este proceso celular con referencia a los modelos conceptuales presentados y así aclarar algunas dudas y fortalecer conocimientos.

Cuando se utilizaron las animaciones y presentaciones de *powerpoint* (A35) como representaciones de los modelos conceptuales, se percibió que el estudiante pudo entender mejor y de manera integral cada uno de los elementos del ciclo celular, gracias a la continuidad de las animaciones. Muchos de estos elementos fueron explicativos e ilustrativos, permitiendo ver de manera global el proceso del ciclo celular y no como etapa por etapa sin relación alguna. La animación y los gráficos le permitieron entenderlo mejor, tal y como lo expresa la siguiente afirmación: *“Es que con este esquema capto más fácil cómo se relaciona la mitosis con la interfase”* (E5A38).

Asimismo, al realizar las actividades 36 y 37, en las que el estudiante busca en internet modelos e imágenes de células y cromosomas y analiza sus aciertos y desaciertos, demostrando el dominio teórico que tiene sobre el tema; el estudiante dio cuenta de que podía realizar críticas a varios modelos, identificando deficiencias en éstos. Los resultados de estas actividades se consignan en la tabla 25; y partir de éstas puede evidenciarse que ya el estudiante está en la posición de criticar modelos de manera coherente con la teoría aceptada sobre los cromosomas y las fases del ciclo celular; sin embargo, hay algunos modelos que aún le causan dificultades.

Actividades que proponen el análisis de modelos conceptuales encontrados en internet (E5A36) y (E5A37)	Figura	Expresiones de E5 consistentes con los conceptos teóricos
CLASIFICACIÓN DE CÉLULAS EN EL CICLO CELULAR		<p><i>"[...] Esta célula se encuentra en anafase, se logra observar que sus cromosomas están migrando hacia los polos "</i></p>
		<p><i>"[...] Esta célula se encuentran en metafase, se observan claramente los cromosomas alineados en la línea ecuatorial de la célula, se aprecian además los centriolos y el uso acromático [...]"</i></p>
		<p><i>"[...] La célula señalada se encuentra en profase, los cromosomas se ven condensados y no se puede identificar una membrana nuclear definida [...]"</i></p>
MODELOS DE CROMOSOMAS		<p><i>"[...] En esta imagen podemos observar varios cromosomas que aún no se encuentran en forma de diadas, es decir, que han unido a sus cromosomas homólogos; por lo contrario a ninguno se le logra notar el centrómero. [...]"</i></p>

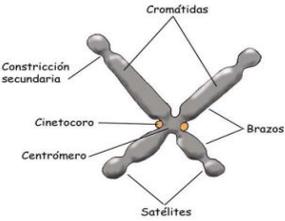
		<p><i>“Este modelo de cromosomas es algo inusual, presenta algunas falencias entre ellas que no señala los telómeros, aunque muestra los satélites y constricciones secundarias que muy pocas veces se muestran en los modelos de cromosomas.”</i></p>
--	---	--

Tabla 25. Consistencias del análisis de imágenes de células y cromosomas por E5.

Para apoyar el aprendizaje del concepto de muerte celular, se propone la actividad 39 (A39), que consta de una breve exposición en grupos de 3 estudiantes sobre este tema, utilizando una presentación de *powerpoint* creada por ellos; esta actividad permite que el estudiante exponga a sus compañeros elementos fundamentales sobre la muerte celular y facilitó al profesor conocer la manera en que él mejoró la comprensión de este proceso, donde define algunas características de la necrosis celular como: la inflamación, el daño de la membrana y los factores que hace que se inicie este proceso de muerte celular.

Con la actividad 41 (A41) se pretendía que los estudiantes en grupos de 3 integrantes, exteriorizaran y establecieran diferencias morfológicas entre células funcionales y una célula en apoptosis utilizando *powerpoint* y *paint*, donde se pudo ver que el grupo del estudiante 5 pudo definir y caracterizar de manera clara las diferencias entre células normales y en proceso de muerte celular, como puede verse en la figura 36.

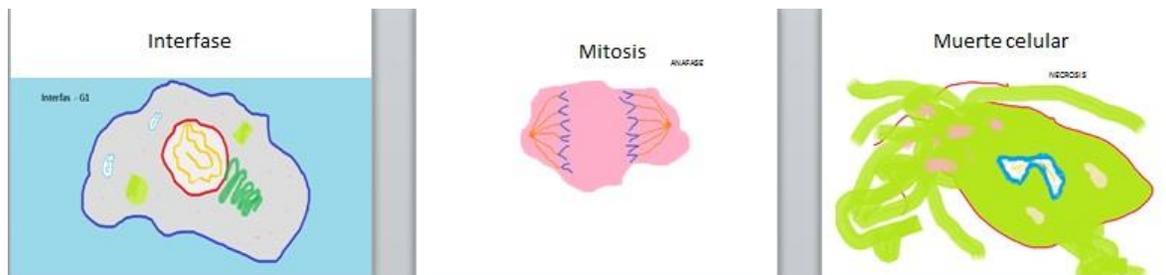


Figura 36. Comparación entre células realizado por E5 y sus compañeros.

Pudo percibirse que para este estudiante las actividades propuestas influenciaron notoriamente su comprensión del ciclo celular y al indagar sobre qué actividades fueron más significativas para él en la modificación de su modelo mental y posterior exteriorización, el estudiante expresa:

-E5: *“No puedo especificar qué fue lo que más me aportó, todo ha sido como un trabajo conjunto, las lecturas, las explicaciones de clase, los diseños (animaciones), todo ha colaborado para realizar esta animación final y entender mejor el ciclo celular [...]”*.

Es importante resaltar que para este estudiante el trabajo con TIC es muy motivante, cada actividad propuesta que implicaba el manejo y utilización de estas herramientas, ya sea por parte del profesor o por parte del estudiante, hizo que él se mostrara propositivo y eficiente en los procedimientos, y cuando fueron usadas por el profesor para apoyar sus explicaciones se le observó más concentrado y crítico. De igual manera otras actividades que no implicaron el manejo de TIC, como las lecturas propuestas y el trabajo en equipo le ayudaron a reforzar su conocimiento sobre el tema; sin embargo, expresó no entender mucho ciertos términos utilizados en las lecturas escogidas, situación que le hacía perder interés.

Este estudiante se destacó en las actividades de trabajo en equipo, las cuales le sirvieron para fortalecer y compartir con sus compañeros sus conceptos alrededor del ciclo celular.

**Subcategoría: Aproximaciones de los modelos mentales a los modelos conceptuales (M3).**

En esta subcategoría se analiza cómo la última animación construida por el estudiante 5 dista o se acerca al modelo conceptual aceptado de ciclo celular, y gracias a este análisis valorar el impacto de la propuesta didáctica en la evolución de su modelo mental. La última exteriorización del modelo mental que construyó E5 se presenta en la figura 37 (E5A43).

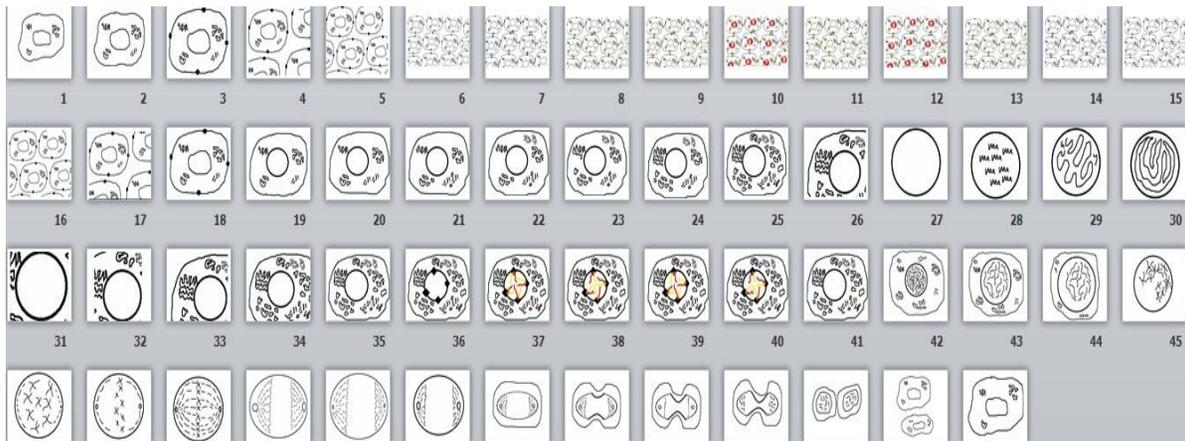


Figura 37. Secuencia de imágenes de la última animación construida por E5.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

La animación que construyó el estudiante es congruente en gran medida con el modelo conceptual, en ella están presentes elementos nuevos como receptores de membrana involucrados en el proceso, presencia de organelas, la condensación de los cromosomas, duplicación del ADN, la presencia de ciclinas y de estímulos para el inicio del proceso; ausentes en la primera animación que construyó. No obstante, en su modelo hay incongruencias con algunos conceptos teóricos, como es la no desintegración del núcleo durante la mitosis. Pero ya en su discurso se refiere a que el núcleo se desintegra durante la mitosis; y posiblemente lo que explicaría la permanencia de esta incongruencia en la última externalización de su modelo mental, es que para realizarla utilizó plantillas o imágenes de animaciones anteriores para agilizar el proceso de construcción de la animación.

Al realizar la entrevista (A44) con el estudiante sobre lo que quiere representar con su animación, se puede evidenciar que él ya reconoce las diferentes etapas del ciclo y sus características como “[...] *la etapa G1, recepción de mensajes, revisión de nutrientes y espacio para que se dé crecimiento, [...]*”, “[...] *se deben replicar los cromosomas en fase S [...]*”, “[...] *en G2, se realiza un checkpoint para pasar a la etapa de Mitosis [...]*” (E5A44); para él este ciclo es fundamental en el mantenimiento de los organismos pluricelulares, y reconoce que puede variar según el tejido; de manera importante considera que los procesos de muerte celular, sea apoptosis o necrosis, tienen un papel destacado en la respuesta de las células a alteraciones internas o externas que la pueden afectar.

Al comparar el primer modelo que realizó con el último, el estudiante reconoce que ha cambiado mucho y que ha integrado nuevos elementos, como las ciclinas y requerimientos nutricionales, y ha detallado mucho más cada fase; teniendo claro que algunas de las principales características de los modelos mentales es ser inacabados, dinámicos y revisados constantemente.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Otra característica de los modelos mentales es que le permiten al sujeto predecir eventos relacionados con el modelo; y para explorar cómo realizaba estas predicciones se le planteó al estudiante lo siguiente: ¿Qué pasaría con la célula de su modelo en varias situaciones hipotéticas, como un daño en la etapa G2? Como respuesta el estudiante modifica su modelo y plantea que lo haría de manera diferente explicando que:

“Cambiaría, dependiendo, si no pasa el checkpoint, si no hay un daño muy considerable podría entrar algunos mecanismos como de reparación, si ya es un daño a nivel genético muy considerable ya esa célula pasa a apoptosis, porque no es viable que una célula con daño se siga reproduciendo” (E5A44).

Esta expresión indica que para el estudiante 5 el concepto de ciclo celular es dinámico y su correcto funcionamiento está determinado por varios factores, tal como lo plantean los referentes teóricos sobre este tema.

Puede verse entonces que para el estudiante 5, hay un avance significativo en su modelo mental, tanto en la animación como en el discurso que la complementa; pues son pocas las incongruencias con respecto al modelo conceptual y podríamos hablar de una evolución del modelo porque hay nuevos elementos en comparación con el primero; además porque ha establecido relaciones entre ideas previas y nuevas que le han permitido mejorar la comprensión de los aspectos claves sobre ciclo celular, su regulación e importancia en la constitución de un organismo pluricelular.

**Categoría: Papel de las *Mindtools* en la externalización de modelos mentales**

**Subcategoría: Ventajas y limitaciones de las *Mindtools* como herramientas didácticas para la construcción de modelos mentales (H1).**

Las *Mindtools* son aplicaciones de computación que requieren que los estudiantes reflexionen en forma significativa sobre el modo de utilizar la aplicación para representar lo que saben. Éste y otros aspectos son analizados en esta subcategoría.

Este caso, es un estudiante que de manera habitual utiliza herramientas tecnológicas en su actividad académica, por lo cual tiene habilidades que le facilitan el trabajo con *Mindtools*, al punto que propone la opción de que él puede crear su propia animación utilizando el programa *moviemaker*, que de igual manera permite la creación de animaciones. En el proceso de construcción de animaciones el estudiante reconoce varias ventajas al utilizar *paint* y *moviemaker* como son: dinamismo, motivación y creatividad.

Particularmente en relación con *paint*, resalta que es muy fácil de manejar y todos lo conocen, que solamente es adquirir la destreza a medida que se va trabajando. Al comparar el programa que él utilizó para animar (*moviemaker*) con *powerpoint*, considera que *powerpoint* permite de una manera más sencilla adelantarse o devolverse para hacer énfasis en algo, mientras el *moviemaker* ayuda a que la animación quede mejor y con más dinamismo (E5A44).

Este estudiante se define como alguien a quien le gustan las actividades prácticas más que teóricas y le gusta construir; y al respecto menciona que al construir las

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

animaciones siente que tiene un aprendizaje más significativo, por lo que trabajar con estas *Mindtools* se constituye en una gran ventaja para él.

También se trató de indagar por las ventajas que el estudiante después de trabajar con estas herramientas podría aprovechar en su futura práctica docente en ciencias naturales; y al respecto, él cree que es muy viable y expresa:

“el construir animaciones aporta que se genere un aprendizaje más significativo, no es lo mismo estar estudiando y memorizar para un parcial, para un examen, mejor construir un ciclo, porque vos al construir tenés que apropiarte de ese conocimiento y lo bueno es que esto te puede servir como referencia, entonces uno puede ver la animación y reconocer que ahí se está llevando a cabo cierto ciclo, sin necesidad de ponerme en ese tedio de estar leyendo y leyendo documentos”(E5A44).

### **Subcategoría: Actitudes de los estudiantes hacia el trabajo con las *Mindtools* para la externalización de sus modelos mentales (H2).**

En esta subcategoría que indaga sobre las actitudes del estudiante ante el trabajo con estos recursos, se pudo percibir que para él fue novedoso y motivante que se propusieran estas actividades, siempre estuvo muy propositivo y participativo; desde el inicio sugirió trabajar con otras *Mindtools* ya que consideraba muy básicas las propuestas por el profesor, pero aunque conocía estos recursos nunca los había trabajado con los objetivos propuestos, lo que le generaba inquietud por conocer los resultados de su trabajo.

Luego de realizar varias construcciones de animaciones, el estudiante domina los programas y colabora con sus compañeros en la parte técnica del trabajo.

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

El estudiante da mayor relevancia al proceso de construcción, al uso de las herramientas y descuida un poco el fortalecimiento de lo conceptual, algo con lo cual se debe estar muy atento para orientar la actividad, ya que no se puede perder de vista el real objetivo, que no es la creación de una excelente animación, sino de la comprensión del proceso de ciclo celular (E5A44).

En este nuevo ambiente de aprendizaje en la clase de biología celular, la actitud del estudiante siempre fue asertiva y puso en acción sus conocimientos previos en cuanto a lo tecnológico y conceptual, por lo que se sintió cómodo y seguro y de esta manera enfocó sus esfuerzos en articular nuevos elementos teóricos a su modelo mental de ciclo celular, aprendiendo con el computador y no de éste, como propone el referente teórico de las *Mindtools*.

Al finalizar el trabajo de la propuesta con este estudiante, fue satisfactorio ver la manera en que actividades como éstas permiten explorar y evidenciar las habilidades que posee el estudiante para participar en la construcción de su propio aprendizaje, además estas actividades le facilitan expresar sus saberes previos con respecto al ciclo celular. Este estudiante demuestra que una buena formación en asignaturas que son prerrequisito de biología celular, permiten tener mejores insumos para modificar sus modelos mentales al presentarles los conceptos teóricos referentes al ciclo de la célula; así mismo este estudiante puede ser un ejemplo de muchos de los estudiantes que en el futuro encontraremos en nuestras aulas, estudiantes con un dominio de los recursos tecnológicos que probablemente supere el nuestro, por lo tanto es importante estar a la vanguardia para poder apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje como mediadores entre las herramientas tecnológicas, los conocimientos y el estudiante.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

En conclusión, la evolución del modelo de ciclo celular en este estudiante fue notable, pudo integrar los elementos conceptuales que se le presentaron durante las clases y articularlos con sus saberes previos haciendo que su modelo fuera más cercano al modelo conceptual; el estudiante se desarrolló de manera muy eficiente y ágil en lo que correspondía al uso de las *Mindtools*, las utilizó de manera clara e intencionada para representar sus ideas y por tanto le permitieron en gran medida poder expresarse a través de sus animaciones, las cuales sufrieron cambios realmente significativos desde el inicio hasta el final, lo que para él fue el resultado de su aprendizaje.

Teniendo en cuenta que al final de cada caso en particular se realiza una síntesis describiendo los resultados obtenidos en éste, se presentan en el siguiente capítulo las consideraciones finales de la investigación, mostrando brevemente los principales resultados del estudio. Además, se mencionan algunas de las perspectivas futuras de este promitente campo de investigación.

## CAPÍTULO 8.

### CONSIDERACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES

En este último capítulo se presentan las principales conclusiones y recomendaciones que surgen del desarrollo de este trabajo de investigación. En la primera parte, se presentan los hallazgos generados alrededor del problema planteado y que se recoge en la pregunta: ¿Cuál es la contribución de una propuesta didáctica apoyada en TIC en la evolución de los modelos mentales que tienen los estudiantes de biología celular acerca del concepto de ciclo celular? Para generar estas conclusiones se tienen en consideración los objetivos específicos de la investigación, relacionados con la identificación de los cambios en los modelos mentales de los estudiantes sobre el ciclo celular al utilizar algunos recursos TIC como apoyo didáctico en el proceso de enseñanza, así como la exploración del alcance de las *Mindtools* en el proceso de construcción de animaciones para la externalización de los modelos mentales sobre ciclo celular.

En segunda instancia se presentan algunas recomendaciones que se desprenden del proceso de la investigación y de los respectivos resultados obtenidos en la misma.

#### **Con respecto a la evolución de los modelos mentales de los casos.**

Con la implementación de la propuesta didáctica apoyada en TIC, se pudieron evidenciar cambios favorables en las exteriorizaciones de los modelos mentales de ciclo celular en todos los casos estudiados, y al analizarlos desde la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird, éstos en general ofrecen explicaciones y predicciones comprensibles, posibles y útiles para el estudio de las representaciones mentales generadas por los estudiantes en relación con el ciclo

celular y su aprendizaje. Esos modelos mentales evolucionaron al procesar la nueva información relacionada con el proceso del ciclo de la célula ofrecida por el profesor, apoyado en recursos tecnológicos, donde se destacaron las animaciones e imágenes digitales del ciclo celular. En mayor o menor medida, puede afirmarse que estos recursos permitieron a los estudiantes reinterpretar y reflexionar sobre estos procesos biológicos y con base en ello modificar sus modelos mentales.

Al ofrecerles a los estudiantes una metodología en la que simultáneamente se presentaron contenidos teóricos sobre los componentes básicos del ciclo celular así como las relaciones de éstos entre sí, se observa que surgen en los estudiantes de manera gradual nuevas representaciones de modelos mentales más explicativas, funcionales y que se acercan más a los modelos conceptuales o científicos.

Para que los modelos mentales de los estudiantes tuvieran mayor poder explicativo y predictivo era necesario que incorporasen nueva información a ellos, por lo tanto era fundamental diseñar actividades en las que pudiesen construir nuevos conocimientos alrededor de elementos claves en la vida de la célula; ya que los modelos mentales se transforman progresivamente con la aparición de nueva información relevante. Y en consecuencia, las producciones de los estudiantes en las diferentes actividades de la propuesta didáctica, permitieron evidenciar el progreso en la comprensión de los conceptos relacionados con el ciclo de célula, como son el concepto de cromosoma y de muerte celular. Con los resultados obtenidos en estas actividades, se pudieron identificar las principales características de los modelos mentales de los estudiantes sobre esos elementos en particular (cromosomas y muerte celular) y analizarlos; además, este proceso de construcción permitió a los estudiantes reflexionar sobre dichos elementos y su

importancia en la vida de la célula, estableciendo así, la relevancia que tienen en la célula y de esta manera nutrir su modelo de ciclo celular.

Sin lugar a dudas, un elemento importante fue indagar sobre las ideas previas que los estudiantes tenían sobre ciclo celular y los conceptos que constituían estos modelos mentales; lo que permitió observar un desconocimiento general de este proceso celular, pues en general tenían una idea lejana al modelo conceptual. Para los casos estudiados, hablar de ciclo celular era equivalente a hablar de división celular (mitosis), desconociendo muchos otros eventos necesarios para la ocurrencia del ciclo celular, como la replicación del material genético y la participación de proteínas reguladoras de ciclo; al culminar el trabajo con la propuesta didáctica se podría afirmar que los estudiantes comprenden el ciclo de la célula, en general presentan modelos mentales de ciclo celular que les permiten explicar con fluidez las características del proceso, y sus modelos incorporan elementos estructurales y funcionales que han sido integrados de manera coherente, abandonando la idea de que el ciclo celular era solamente el proceso de mitosis. Al parecer los modelos que tienen en su estructura cognitiva están dotados de gran capacidad explicativa y un mejor poder predictivo, siendo capaces de razonar y deducir coherentemente situaciones desde la perspectiva biológica.

Se pudo percibir que otra característica de nuestra propuesta que influyó la evolución de los modelos mentales sobre ciclo celular fue el abordar los procesos de enseñanza a través de actividades de clase de forma gradual y secuencial; y no como eventos independientes el uno del otro; lo que facilitó la incorporación y la interacción de los elementos conceptuales correspondientes, que se traduce en la comprensión de procesos celulares tan complejos y altamente estructurados, como el ciclo celular.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

Los modelos mentales son intermediarios para la comprensión, estos son funcionales, útiles para el que los construye y no necesariamente son aceptados por la comunidad científica. Los modelos mentales de los estudiantes son dinámicos y funcionales pero no son exactamente iguales al modelo conceptual que explica el fenómeno del ciclo celular. Es claro que los estudiantes aún deben trabajar más en la incorporación de los atributos característicos y determinantes del ciclo de la célula, que les permita aumentar la recursividad para interpretar y solucionar situaciones a nivel celular.

### **En relación con el papel de las *Mindtools* en la construcción de las animaciones de los estudiantes sobre ciclo celular.**

Las *Mindtools* utilizadas para la modelización, *powerpoint* y *paint*, fueron herramientas útiles y motivantes para la construcción de representaciones que se constituyeron en la externalización de los modelos mentales de los estudiantes, dada la facilidad y practicidad en su uso y el conocimiento que tenían sobre éstas; lo que disminuye la posible predisposición a trabajar con *software* desconocidos y de difícil manejo que distrajeran al estudiante de su verdadero objetivo que era la exteriorización de su modelo mental de ciclo celular.

En cuanto a lo actitudinal, el solo hecho de cambiar la estrategia de enseñanza de un enfoque tradicional en el que el profesor es el transmisor de conceptos, a uno en que se da mayor participación al estudiante a través de herramientas tecnológicas para que construya sus propios modelos, favoreció enormemente la apropiación del proceso de ciclo celular así como el valor atribuido por los estudiantes a este evento en el desarrollo de los organismos pluricelulares. Los

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

estudiantes realizaron las actividades con gran compromiso y se divertieron en el proceso. Se pudo observar un trabajo colaborativo en el aprendizaje del uso de estas herramientas entre los estudiantes que tenían un mayor conocimiento de las potencialidades de los *software* y los que solo conocían su funcionamiento básico.

En este orden de consideraciones, es posible afirmar que el uso de las *Mindtools* se constituyó en un elemento fundamental para favorecer la motivación en los estudiantes; pues el solo hecho de cambiar la metodología clásica de la enseñanza del ciclo celular en la que se hace uso esencialmente de libros y clases magistrales, por el uso de herramientas tecnológicas y de uso común por ellos; les aportó otra visión del trabajo en el aula de clase y de apoyo a su proceso de aprendizaje, propiciando un cambio en la percepción del tema estudiado, así como de la disposición y participación del grupo.

El trabajo con las *Mindtools* fomentó tanto la creatividad como el interés por el tema estudiado, por parte de cada uno de los participantes en el estudio y del grupo en general, dado que eran libres de crear su animación como quisieran sin ningún tipo de restricción en su proceso creativo y sin clasificarles sus representaciones como buenas o malas; solamente representando lo que sabían acerca del ciclo celular a partir de estas herramientas.

En el transcurso del trabajo con las *Mindtools* elegidas para la intervención, tanto el profesor como los estudiantes hicieron una alta valoración de estas herramientas en términos de potencialidades de las mismas para representar procesos que implican movimiento como lo es el ciclo celular, replanteando las ideas que se tenían sobre la célula como entidad estática y comprendiendo el proceso del ciclo celular como un proceso dinámico. Asimismo, a partir del programa *paint* que ofrece gran variedad de colores y texturas, los estudiantes pudieron individualizar

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

cada uno de los elementos estructurales o conceptos que participan en el proceso de ciclo celular, lo que favoreció además el establecimiento de relaciones entre dichos elementos y la identificación del papel de cada uno en el proceso.

Dado que los modelos mentales son representaciones incompletas, inacabadas y flexibles; la capacidad que tienen recursos computacionales como *power point* y *paint* de permitir una constante edición de las animaciones, favorece el análisis y la revisión permanente de dichas representaciones a medida que iba siendo aportada nueva información sobre el tema.

Finalmente, es importante destacar que el desarrollo de esta investigación se constituyó en una experiencia enriquecedora; pues la posibilidad de observar la disposición de los estudiantes para realizar las actividades de la propuesta didáctica, así como los resultados obtenidos en términos de los logros en la conceptualización y por ende en su aprendizaje, se constituyen en elementos fundamentales para considerar que propuestas de enseñanza apoyadas en las TIC tienen un gran potencial para ser implementadas en el aula de clase, siempre y cuando se apoyen en referentes didácticos y pedagógicos que orienten su implementación y permitan valorar su aporte al aprendizaje de conceptos científicos.

### **Recomendaciones**

La intención de implementar una propuesta didáctica de estas características era favorecer la evolución de los modelos mentales que tienen los estudiantes sobre el ciclo celular. Al finalizar la investigación, los resultados obtenidos nos dan indicios de que tal evolución fue notoria en la totalidad de los casos estudiados; lo que sugiere la viabilidad de realizar futuros trabajos en el campo de los modelos

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

mentales y las *Mindtools* en la enseñanza de la biología, gracias al potencial que tiene la articulación de ambos referentes teóricos. No obstante, es necesario contemplar las siguientes consideraciones, que se tuvieron en cuenta en este trabajo, para abordar estudios futuros en este ámbito.

Es recomendable que el proceso de diagnóstico de representaciones mentales sobre ciclo celular tiene que ser continuado, gradual y a lo largo del curso en dos o tres momentos del mismo para que tenga eficacia. Ese proceso debería seguirse a través de un instrumento diagnóstico que contemple e integre componentes visuales acompañados de entrevistas que permitan explorar las ideas del cómo y porqué del proceso de modelización, así como permitir al estudiante expresar por qué ese modelo es funcional y predictivo para él.

Es muy importante que mientras se esté dando la construcción de las animaciones por parte de los alumnos, estos no tengan acceso a internet o a otro medio donde puedan tener a su disposición los modelos conceptuales de la temática que se esté abordando, dado que esto puede generar un sesgo en el proceso de modelación, al tratar de imitar lo que consideran es lo correcto. Por esta razón este trabajo debe darse preferiblemente en el aula de clase, donde el docente al tiempo en que asegura las condiciones antes mencionadas, pueda percibir y conocer el proceso de construcción de cada estudiante. De igual manera los modelos mentales son idiosincrásicos, por lo tanto esta actividad se debe plantear de manera individual y tratando de que ningún estudiante se vea influenciado directamente por las ideas de sus compañeros.

Sería muy significativo poder hacer un seguimiento mucho más prolongado de la evolución de los modelos mentales de los estudiantes a medida que van adquiriendo nuevos conceptos teóricos, dada la característica que tienen los



## **FACULTAD DE EDUCACIÓN**

### **Departamento de Educación Avanzada**

modelos mentales de ser inacabados y dinámicos. Asimismo, sería importante valorar la estabilidad en el tiempo de dichos modelos mentales; sin embargo, las características de los cursos que asistimos normalmente imposibilitan llevar a cabo dicho seguimiento.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, S., Cuellar, C., Belén, L., Cristina, A. & Anguiano. (2011). *Las actitudes de los profesores ante la integración de las TIC en la práctica docente. Estudio de un grupo*. EDUTEC revista electrónica de la tecnología educativa.
- Area, M. (2010). *El proceso de integración y uso pedagógico de las TIC en los centros educativos. Un estudio de caso*. Revista de Educación, pp. 77-97.
- Ayuso, G. & Banet, E. (2002). *Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria*. Enseñanza de las ciencias, pp. 133-175.
- Barbera, O. & Valdez, P. (1996). *El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión*. Enseñanza de las ciencias, pp. 365-379.
- Bradley, S. (2004). *Use of Animation in Teaching Cell Biology*. Cell Biology Education, pp. 181-188.
- Caballer, M. J. & Giménez, I. (1993). *Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica*. Enseñanza de las ciencias, pp. 63-68.
- Caballer, M. J. & Giménez, I. (1992). *Las ideas de los alumnos y las alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos*. Enseñanza de las ciencias.
- Caballer, M. & Giménez, I. (1993). *Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica*. Enseñanza de las ciencias, pp. 172-180.



**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

- Carnoy, M. (2004). *Las TIC en la enseñanza: posibilidades y retos*, Lección inaugural del curso académico 2004-2005. Barcelona: UOC.  
<http://www.uoc.edu/inaugural04/dt/esp/carnoy1004.pdf> pp. 1-19.
- Casas, M., García, P. & Sanmarti, N. (2008). *L'ús d'animacions-TIC a la classe de biología. Ciència*, pp. 28-32.
- Concari, S. (2001). *Las teorías y los modelos de explicación científica: implicaciones para la enseñanza de la ciencias*. *Ciência & Educação*, pp. 85-94.
- Cooper, G. & Hausman, R. (2008). *The Cell: A Molecular Approach*. ASM Press, Sinauer Associates, Inc. USA, pp. 591
- De Abreu, F., Nunes, M. & Silva, E. (2010). *Aplicação de uma webquest associada a atividades e a avaliação de seus efeitos na motivação no ensino de Biología*. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, pp. 261-268.
- De Zubiría, J., Ramírez, A., Ocampo, K. & Javier, M. (2008). *El modelo pedagógico predominante en Colombia*. pp. 1-12.
- Esteban, M. (2003). *El diseño de entornos de aprendizaje constructivista*. En *Revista de Educación a Distancia. Murcia*. Número 8. Edición electrónica:  
<http://www.um.es/ead/red/6/documento6.pdf> [consultado el 4 de noviembre de 2012]



**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

- Fernández, M., Herreras, M., Asencio, M. & Gregori, X. (2007). *Experiencia del uso de las TIC en el aula de biología y geología de 3 ESO*. Congreso internacional escuela y TIC
- Galagovsky, L. & Adúriz-Bravo, A. (2001). *Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico*. Enseñanza de las ciencias, pp. 231-242.
- Gallarreta, S. & Graciela, M. (2005). *La modelización en la enseñanza de la biología del desarrollo*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.
- García, J. (2011). *Didáctica de las ciencias modelizar y resolver problemas en la educación en ciencias experimentales*. Uni-Pluriversidad, Colombia, Primera edición, pp. 52.
- García, A. & Gil, M. (2006). *Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, pp. 304-322.
- García, A. & Gonzáles, L. (s.f.). *Uso pedagógico de materiales y recursos educativos de las TIC: sus ventajas en el aula*, pp. 1-47.
- González-Weil, C. & Harms, U. (2012). *Del árbol al cloroplasto: concepciones alternativas de estudiantes de 9º y 10º grado sobre los conceptos «ser vivo» y «célula»*. Enseñanza de las Ciencias, 30 (3), pp. 31-52



**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

- Gutiérrez, R. (2005). Polisemia actual del concepto "modelo mental" consecuencias para la investigación didáctica. *Investigações em Ensino de Ciências*. pp. 209-226.
- De la Heras, M. & Jiménez, R. (2009). *Análisis del proceso de enseñanza-aprendizaje del ser vivo en el aula de primaria*. Enseñanza de las ciencias revista de investigación y experiencias didácticas.
- Hernández, R., Fernández-Collado, C. & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. McGraw Hill, México, Quinta edición pp. 597-601.
- Herrera, E. & Sánchez, I. (2009). *Unidad didáctica para abordar el concepto de célula desde la resolución de problemas por investigación*. Paradigma, pp. 63-85.
- Hodson, D. (1994). *Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio*. Enseñanza de las ciencias, pp. 299-213.
- Jonassen, D.H. & Reeves, T. C. (1996). Learning with technology: Using computers as cognitive tools. In D.H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (pp. 693-719). New York: Macmillan.
- Johnson-Laird, P. Mental models. (Harvard University Press. Cambridge, MA.), 1983.
- Latorre, A.; Del Rincón, D. & Arnal, J. (1996). *Bases Metodológicas de la Investigación Educativa*. Barcelona: Gr92.



**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

- Legarralde, T., Vilches, A., Górriz, V. & Darrigran, G. (2007). *Concepciones sobre los seres vivos en los estudiantes que ingresan al profesorado de biología*. Actas Jornadas Enseñanza e Investigación educativa ciencias exactas y naturales, pp. 49-57. La plata.
- Liu, D. (2007). *Seeing Cells on the Web*. The American Society for Cell Biology, pp. 21-24.
- López, M. & Morcillo, J. (2007). *Las TIC en la enseñanza de la biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, pp. 562-576.
- Martínez, M. (1999). La investigación cualitativa etnográfica en educación, pp. 69-81
- Martinho, T. & Pombo, L. (2009). Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais – um estudo de caso. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol.8 N°2, pp. 527
- Mclean, P., Johnson, C., Rogers, R., Daniels, L., Reber, J., Slator, B., Terpstra, J. & White, A. (2005). *Molecular and Cellular Biology Animations: Development and Impact on Student Learning*. Cell Biology Education. 4, pp. 169-179.
- Merriam, S. (1998). Qualitative research and case study applications in education. San Francisco, California: Jossey-Bass.
- Miguens, M. y Garrett, R.M., (1991). Prácticas en la enseñanza de las ciencias. Problemas y posibilidades. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), pp. 229-236

- Minog, J., Jones, G., Broadwell, B. & Oppewal, T. (2006). *Exploring from inside out . science scope: New Tools for the Classroom. Science Scope, 29 (6)*, pp. 28-32.
- Mondelo, A., Matilde, M. & García, S. (1998). *Criterios que utilizan los alumnos universitarios de primer ciclo para definir ser vivo. Enseñanza de las ciencias*, pp. 399-408.
- Moreira, M. A., Greca, I. & Rodríguez Palmero, M. L. (2002). *Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Pesquisa em Educação em Ciências*, pp. 37-57.
- Murphy, C. (2003). *Literature Review in Primary Science and ICT. En [http://www.futurelab.org.uk/download/pdfs/research/lit\\_reviews/Primary\\_School\\_Review.pdf](http://www.futurelab.org.uk/download/pdfs/research/lit_reviews/Primary_School_Review.pdf)*
- O Day, D. (2006). *Animated Cell Biology: A Quick and Easy Method for Making Effective, High-Quality teaching animations. The American Society for Cell Biology*, pp. 255-263.
- Pontes, A. (2005). *Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. Primera parte: aspectos metodológicos. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, pp. 330-343.
- Pontes, A. (2005). *Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y la comunicación en la educación científica. Segunda parte: aspectos*

*metodológicos. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, pp. 330-343.

Pontes, A. (1999). *Utilización del ordenador en la enseñanza de las ciencias*. Alambique.

Richmond, G., Merritt, B., Urban-Lurain, M. & Parker, J. (2010). *The development of a conceptual framework and tools to assess undergraduates' principled use of models in cellular biology*. *Cell Biology Education* 9, pp. 441-452.

Riemeier, T. & Gropengiesser, H. (2008). *On the roots of difficulties in learning about cell division: Process-based analysis of students' conceptual development in teaching experiments*. *International Journal of Science Education*, 30, pp. 923–939.

Rivera, M. & Adriana, E. (2010). *Análisis de las prácticas pedagógicas en torno al proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de célula a partir de una mirada histórica y epistemológica como punto de partida para la elaboración de una propuesta de una unidad didáctica en el marco del II congreso Nacional de investigación en educación en ciencias y tecnología*.

Rodríguez, G., Gil, J. & García, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Granada: aljibe.

Rodríguez Palmero, M. L. (2003). *La célula vista por el alumnado*. *Ciência & Educação*, pp. 229-246.

Rodríguez Palmero, M. L. & Moreira, M. A. (s.f.). *La célula cinco años después*.

- Rodríguez Palmero, M. L. (s.f.). *Célula: reconstrucción de un concepto científico en el alumnado.*
- Rodríguez Palmero, M. L. (2000). *Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y a la investigación en el estudio de la célula.* Investigações em Ensino de Ciências, pp 237-263.
- Rodríguez Palmero, M. L. (1997). *Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza-aprendizaje de la estructura y funcionamiento celular.* Investigações em Ensino de Ciências , pp. 123-149.
- Rodríguez Palmero, M. L. (2003). *Un análisis y una organización del contenido de la biología celular .* Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias , pp. 67-79.
- Rodríguez Palmero, M. L. & Moreira, M. A. (1999). *Modelos mentales de la estructura y funcionamiento de la célula: dos estudio de caso .* Investigações em Ensino de Ciências , pp. 121-160.
- Rodríguez Palmero, M. L. & Moreira, M. A. (2002). *Una aproximación cognitiva al aprendizaje del concepto de célula: un estudio de caso.* Encuentro Iberoamericano sobre Investigación Básica en Educación en ciencias , pp. 45-58. Burgos.
- Rodríguez Palmero, M. L., Marrero, J. & Moreira, M. A. (2001). *La teoría de los modelos mentales de Johnson- Laird y sus principios: una aplicación con*

*modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria* . Investigações em Ensino de Ciências , pp. 243-268.

Rodríguez Palmero, M. L., Moreira, M. A., Greca, I. & Caballero, C. (2010). *La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva* . Barcelona: Octaedro .

Sanmartí, N. & Izquierdo, M. (2001). *Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las tic*. Revista Alambique 29 [Versión electrónica].

Salinas, J. (2004). *Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria* . Revista universidad y sociedad del conocimiento, pp. 1-16.

Siguenza, A. (2000). *Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética*. Enseñanza de las ciencias , pp. 439-450.

Simmons, P. (1993). *Constructive learning: The role of the learner*. Computer and systems sciences, volume: 105, pp. 291 - 313

Solano, R. (2008). *Técnica kinestésica para el aprendizaje de las fases de la Mitosis*. 10. Congreso Nacional de Ciencias y Estudios Sociales. Sede Brunca. Universidad Nacional, Pérez Zeledón, Costa Rica. 28, 29 y 30 de agosto, 8 pp.

Solaz-Portolés, J. & Sanjosé, V. (2008). *Conocimiento previo, modelos mentales, resolución de problemas. Un estudio con alumnos de bachillerato*. Revista Electrónica de Investigación Educativa, pp.1-17.

Stake, R. (1995). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.



**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

- Stake, R. (1998). *Investigación con estudio de casos*. (R. Filella, Trad.) Madrid, España: Ediciones Morata, S. L.
- Suarez, J., Gonzálo, A., Gargallo, B., & Aliaga, F. (2010). *Las competencias en TIC del profesorado y su relación con el uso de recursos tecnológicos*. Archivos Analíticos de Políticas Educativas, pp. 1-34.
- Tamayo, L. (2007). *Tendencias de la pedagogía en Colombia*. latinoam.estud.educ. Manizales, pp. 65-76.
- Tanner, K. & Allen, D. (2002). *Approaches to Cell Biology Teaching: A Primer on Standards*. Cell Biology Education, pp. 95-100.
- Tapia, F. & Arteaga, Y. (2012). *Selección y manejo de ilustraciones para la enseñanza de la célula: propuesta didáctica*. Enseñanza de las ciencias, Vol. 30, Núm. 3 (noviembre 2012), pp. 281-294
- UNESCO. (2004). *Las Tecnologías de la información y la comunicación en la formación docente*. París: Trilce.
- Valcárcel, A. y González, L. (2007). *Uso pedagógico de materiales y recursos educativos de las TIC: sus ventajas en el aula*, Universidad de Salamanca. Colección EDUC.AR CD número 15 Aprendizaje por proyectos en Tecnología,
- Vargas, M. (2005). *Herramientas de la pedagogía conceptual en el aprendizaje de la biología*. Universitas Scientiarum, pp. 45-53.



**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

Vosnediu, S. (1996). *Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction*. Learning and Instruction, pp. 95-109.

Yaber, I., Ariza, D. & Muñiz, J. (2008). *Los mapas conceptuales como estrategia didáctica para el aprendizaje de biología celular en estudiantes universitarios*, pp. 1-218.

Yorek, N., Sahin, M. & Ugulo, I. (2010). *Students' representations of the cell concept from 6 to 11 grades: Persistence of the "fried-egg model"*. International Journal of Physical Sciences, pp. 15-24.



## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

#### **Anexos**

##### **Anexo 1**

Preguntas orientadoras propuestas en la actividad 2, para conocer preconcepciones de los estudiantes sobre el ciclo celular.

La vida de la célula

1. ¿Cuánto tiempo crees que dura viva una célula en nuestro cuerpo?
2. ¿De dónde piensas se originan todas las células de los organismos pluricelulares?
3. ¿Consideras que si se detuviera la vida de la célula esto alteraría el organismo completo?
4. ¿Crees que las células de nuestro cuerpo son las mismas desde que nacemos?
5. ¿Qué eventos crees pueden afectar la vida de una célula?

Anexo 2

Consentimiento informado.

Universidad de Antioquia  
Facultad de Educación  
Maestría en Educación - Ciencias Naturales

**PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS Y LAS ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN**

INVESTIGACIÓN: *Contribución de una propuesta didáctica basada en TIC a la evolución de los modelos mentales sobre ciclo celular*

Investigador: Juan Andrés Estrada Torres  
Biólogo  
Docente de cátedra Universidad de Antioquia

El aprendizaje y la enseñanza del ciclo celular puede parecer una tarea fácil dados los varios recursos publicados y libros que proponen los materiales didácticos para este tema; sin embargo, en lo que se refiere a la investigación sobre las preconcepciones y modelos mentales de los alumnos sobre el ciclo celular hay poco. La implementación de las TIC como herramientas para apoyar la enseñanza y el aprendizaje del ciclo celular puede ofrecer grandes posibilidades desde el punto de vista de la construcción de modelos mentales por parte de los alumnos y el apoyo en la instrucción por parte de los docentes. La intención de esta investigación es identificar las posibles contribuciones de una propuesta didáctica apoyada en el uso de algunas herramientas TIC en la externalización y evolución de los modelos mentales que tienen los estudiantes sobre el ciclo celular.

Con esta intención los quiero invitar a participar de esta investigación para conocer sus modelos mentales sobre ciclo celular y cómo estos van evolucionando a lo largo de la propuesta didáctica que se implementará en clase.

Su participación en esta investigación es totalmente voluntaria. Usted puede elegir participar o no hacerlo. Tanto si elige participar o no, continuarán todos los procesos del curso y nada cambiará. Usted puede cambiar de idea más tarde y dejar de participar aún cuando haya aceptado antes. La investigación durará alrededor de diez clases, por tal motivo es importante su presencia durante estas; al finalizar el semestre finalizará la investigación.

Presento este protocolo como compromiso ético del investigador. La información será discretamente recogida y analizada y solo se utilizará para los propósitos de la investigación. No se hará alusión a nombres propios y los resultados se presentarán en primera instancia a los participantes.

Los estudiantes que firman este documento otorgan autorización al investigador para que las diferentes fuentes de información como: entrevistas, discusiones, observaciones, documentos generados por ustedes en el desarrollo del curso, animaciones, entre otros; se constituyan en información susceptible de análisis en el marco de esta investigación.

Nombre

Andrade Mosquera Cristian Camilo *Cristian Camilo Andrade M. 10720450*

Arenas Morales Daniel Esteban *Daniel Arenas M. 1042064223*

Cano Ospina Angela Maria *Angela Cano Ospina 1019225498*

Cardona Ospina Jeniffer Andrea *Jeniffer Cardona Ospina 1019223308*

Cruel Ortiz Ruben Darío *Ruben Darío Cruz 1087188833*

Echeverri Ocampo Cristian David *Cristian David Echeverri 1052695588 (el jagua)*

Giraldo Ruiz Julian David *Julian David Giraldo 1040744154*

Nanclares Torres Katherine *Katherine Nanclares Torres*

Nisperuza Mazo Maria Alejandra *Maria Alejandra Nisperuza Mazo 1065290036*

Patiño Castaño Heiwer Yamid *Heiwer Yamid Patiño Castaño 1026443305*

Pérez Jiménez María Camila *María Camila Pérez Jiménez - 1152698435*

Plata Osorio María Camila *María Camila Plata Osorio 1040743610*

Salazar Osorio Leandro *Leandro Salazar Osorio 1036652484*

Valencia Montoya Yésica Milena *Yésica Valencia 1040040392*

*saraperez Sara Pérez*  
*el. 1035552922*  
*Sara Estefanía Pérez Puerta*



## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

#### Anexo 3

Guía para la entrevista semiestructurada 1 del estudio que se realizó en la actividad 4.

1. Háblame de tu animación y que quieres representar con el
2. ¿Qué entiendes por ciclo celular?
3. ¿Para ti cuál es la importancia de este ciclo para los organismos?
4. ¿Conoces algunas etapas o pasos que conformen el ciclo celular?
5. ¿Para ti es lo mismo ciclo celular que división celular?
6. ¿Que organelas celulares crees que están involucradas directamente en el proceso del ciclo celular?
7. ¿Todos los organismos vivos realizan este proceso?
8. ¿Al crear tu animación encontraste alguna dificultad en el uso del programa?
9. ¿Qué elementos crees que son positivos al utilizar estos programas para crear tu animación?

#### Anexo 4

En la actividad 8 se propuso la siguiente lectura sobre el ciclo celular.

---

**Miércoles, 17 de octubre de 2001**

**La división celular, el único camino a la inmortalidad**

**Los galardonados descubrieron la maquinaria que regula el ciclo de las células**

SERGIO MORENO

Primero, una pequeña historia. Hace unos días fuimos a cenar un grupo de amigos con Jon Pines a un conocido restaurante en las afueras de Cambridge [Reino Unido]. Era el 40 cumpleaños de Jon y la ocasión merecía una buena cena. Jon y yo nos conocemos desde hace tiempo porque hemos estudiado durante más de 15 años la división celular. Jon ha trabajado con unas proteínas llamadas ciclinas y yo con una proteína quinasa llamada cdc2 o Cdk1. Curiosamente Cdk1 necesita asociarse con una ciclina para ser activa y este complejo constituye la maquinaria básica que regula el ciclo celular.

La noche invitaba a celebración porque hacía unos días nuestros mentores Tim Hunt, en el caso de Jon, y Paul Nurse, en el mío, los auténticos descubridores de las ciclinas y los Cdks junto con el estadounidense Lee Hartwell, habían recibido el Premio Nobel de Fisiología o Medicina. Sin duda, ha sido una semana inolvidable para aunque nuestra contribución al Nobel ha sido pequeña porque los descubrimientos seminales ya se habían realizado cuando nosotros llegamos a sus laboratorios. Evidentemente la conversación durante la cena estuvo dominada por nuestras experiencias y los dos nos sentíamos unos privilegiados por haber vivido momentos muy estimulantes en nuestras carreras.

Pero ¿qué es esto de las ciclinas y los Cdks? ¿Por qué es tan relevante la división celular para que merezca un Nobel? Para nosotros, las células son lo más importante de nuestras vidas. Trabajamos con ellas diez horas diarias y... a veces hasta soñamos con ellas. Solo basta mirar por un

microscopio un poco de sangre para entender que la célula es a la biología lo que el átomo es a la física. Sin duda, una de las ideas más importantes en la historia de la biología es la teoría celular que propone que todos los seres vivos están compuestos de células. Esta teoría tiene dos implicaciones fundamentales: que todo ser vivo está compuesto de una o más células y que las células se generan sólo por división celular de células preexistentes. Por tanto, la división celular es el único camino que conduce a la inmortalidad e introduce la variabilidad que permite la evolución de las especies.

**Vida y reproducción. La mayoría de las células tiene un núcleo con los cromosomas, moléculas de ADN con todas las instrucciones para la vida y reproducción de las células. Cada vez que se dividen, las células deben duplicar sus componentes, especialmente sus cromosomas, para luego repartirlos entre sus dos células hijas en un proceso altamente regulado llamado ciclo de división celular o simplemente ciclo celular.**

Este proceso puede durar entre ocho minutos en un embrión de mosca del vinagre, dos horas en organismos unicelulares como las levaduras y 20 horas en un fibroblasto humano. La duplicación de los cromosomas ocurre durante un periodo de tiempo llamado fase S y la segregación del ADN replicado durante la fase M o mitosis.

**En ausencia de estos mecanismos, las células son muy sensibles a daños genéticos**

¿Cómo se descubrieron las moléculas implicadas en regular este proceso? A principio de los años setenta, Hartwell inició un enfoque genético trabajando con un organismo muy simple, la levadura de la cerveza *Saccharomyces cerevisiae*, un hongo unicelular. Hartwell aisló una colección de mutantes que dejaban de dividirse e identificó más de 50 genes conocidos como *cdc* (*celldivisioncycle*). Él, además, a finales de los ochenta, descubrió la existencia de mecanismos de vigilancia en cada división celular a los que llamó *checkpoint*, que permiten reconocer errores durante la división celular y proceder a su corrección. En ausencia de estos mecanismos, las células son muy sensibles a daños genéticos y este tipo de lesiones está asociado al desarrollo de cánceres.

Influenciado por el trabajo de Hartwell, en 1975 Nurse aisló mutantes *cdc*

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Departamento de Educación Avanzada

en otra levadura, *Schizosaccharomyces pombe*, pero se dio cuenta de que uno de los genes *cdc2* era el regulador clave del ciclo celular. Esto lo demostró porque cuando *cdc2* es más activo las células se dividen más rápido de lo normal, con lo cual esta proteína tiene que estar controlando un proceso limitante durante la división celular. Además, demostró que *cdc2* es la misma proteína que Cdc28 en el escrutinio de Hartwell y miembro fundador de una familia de proteínas llamada quinasas dependiente de ciclinas o Cdk.

En 1987, Nurse aisló el homólogo humano de *cdc2* en un experimento clásico que consistió en *curar* la falta de *cdc2* en la levadura con la implantación de genes humanos hasta que encontró el gen CDC2 humano. Este experimento demostró que Cdc2 está exquisitamente conservado en dos organismos separados evolutivamente durante más de mil millones de años, lo cual implica que la regulación del ciclo celular es básicamente la misma en todos los eucariotas, desde levaduras hasta humanos y da validez al empleo de organismos modelo para resolver problemas de biología humana. En 1983, Hunt identificó en embriones de erizo de mar *Arbaciapunctulata* el otro regulador clave del ciclo celular, las ciclinas, proteínas que se sintetizan y se degradan cada ciclo celular. Lo interesante es que la proteína *cdc2* para ser activa tiene que asociarse a una ciclina. Por tanto, a finales de los ochenta quedó claro que la maquinaria básica que regula el ciclo celular eran los complejos de *cdc2/ciclina* y que estos complejos estaban conservados a lo largo de la evolución.

Estos estudios una vez más realzan la importancia del empleo de sistemas modelo en biología. La posibilidad de hacer preguntas clave y obtener respuestas claras justifica el empleo de estos sistemas y, lo queramos o no, por mucho que suenen las campanas de la genómica humana, las levaduras, el gusano *Caenorhabditiselegans*, la mosca del vinagre *Drosophila melanogaster*, el sapo *Xenopus*, el pez cebra, el ratón, etcétera, van a ser nuestros organismos de experimentación durante mucho tiempo.

Volviendo al principio, la conversación durante la cena estuvo dominada por anécdotas que habíamos oído y por relatos de nuestras experiencias. Se cuenta que Nurse regresó insomne de madrugada al laboratorio a recoger de la basura un tubo que contenía el primer clon de *cdc2*. Hunt descubrió las ciclinas enseñando a un grupo de estudiantes durante un curso de verano en el Instituto Oceanográfico Woods Hole, en EE UU.

Nurse tenía tan solo 26 años cuando publicó sus descubrimientos iniciales, Hartwell 30 y Hunt apenas rozaba los 40. Sin duda, de los 25 a los 40 es el periodo de máxima creatividad en muchas actividades humanas. Si algún día España quisiera competir en la liga de los países ganadores de este tipo de premios, las autoridades científicas deberían incentivar la independencia de los científicos jóvenes como ocurre en el Reino Unido o EEUU, dónde es común encontrar investigadores principales dirigiendo grupos con 30 años.

Al final de la noche, hablamos de lo que queda por descubrir. Ahora nosotros debemos ir pensando en otros problemas biológicos, y me llamó la atención el comentario de uno de los contertulios acerca de un matemático que llevaba un año buscando un problema que resolver. Quizás sea un buen momento para dar un paso atrás, volver a ver el bosque y buscar un buen árbol que talar.

© Copyright **DIARIO EL PAIS, S.L.** (Miguel Yuste 40, 28037 Madrid-España |  
Tel: 34 91 33782 00)  
Aviso legal | Contacte con [ELPAIS.ES](mailto:ELPAIS.ES) | publicidad

Enlace: <http://el-pais.vlex.es/vid/inmortalidad-galardonados-descubrieron-16410395>

## FACULTAD DE EDUCACIÓN

### Departamento de Educación Avanzada

#### Anexo 5.

Taller número 1, propuesto en la actividad 11 para reforzar y aclarar algunos elementos del ciclo celular.

Discute con tus compañeros

- a. ¿Una célula normal necesita recibir alguna señal del exterior para iniciar su división?
- b. ¿Crees posible generar en algún ser vivo variabilidad genética mediante los mecanismos de mitosis?

Define

1. Cada una de las fases  $G_0$ ,  $G_1$ , S,  $G_2$  y M del ciclo celular. Indica los procesos biológicos que tienen lugar en cada una de ellas. ¿Qué fases comprende la interfase?
2. Relaciona los siguientes procesos con la etapa de la mitosis en la que tiene lugar:

Proceso	Etapa
Cromosomas en máximo nivel de empaquetamiento.	
Condensación de la cromatina.	
Desenrollamiento de los cromosomas.	
Desaparición del nucléolo.	
Separación de las cromátidas de un cromosoma.	
Desaparición de la membrana nuclear.	
Formación del huso acromático.	
Acortamiento de los microtúbulos cinetocóricos por polimerización.	
Aparición del nucléolo.	
Migración de los centriolos a los polos de la célula.	
Formación de la placa ecuatorial.	
Reaparición de la membrana nuclear.	



**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

**Anexo 6.**

Esta es la guía para la entrevista semiestructurada 2 del estudio que se planteó en la actividad 16 en relación a los cromosomas.

1. ¿Para ti es igual ADN que cromosoma?
2. ¿Cuál crees tú que es la importancia para el proceso de mitosis que la cromatina se condense en forma de cromosoma?
3. ¿Piensas que todos los organismos tiene el mismo número de cromosomas?
4. ¿Imaginas que dentro de una misma célula todos los cromosomas son iguales?
5. ¿Háblame acerca de cómo es la estructura de un cromosoma mitótico?

**Anexo 7.**

Representación de las fases de la mitosis con una técnica kinestésica aplicada en la actividad 19, para mejorar el aprendizaje de las fases de la mitosis (Solano, M.; 2008.).

Profase



Metafase



Anafase



Telofase



**Anexo 8.**

En la actividad 22 se propuso realizar taller 2 para reforzar y aclarar algunos elementos del ciclo celular.

Control del ciclo celular

1. ¿Diferentes tipos de proteínas, como las ciclinas, se encargan de la regulación del ciclo celular? ¿Qué tipos de ciclinas se conocen, y cómo actúan para regular el ciclo celular?
2. ¿Cuáles son Los mecanismos “*Checkpoint*” que permiten regular el ciclo en las células en las células?
3. ¿Aparte de las ciclinas que otras proteínas participan en el control del ciclo celular?
4. ¿Qué tipos de genes controlan el ciclo celular? ¿A qué tipo de señales responden?



**FACULTAD DE EDUCACIÓN**  
**Departamento de Educación Avanzada**

**Anexo 9.**

Guía para la entrevista semiestructurada 3, que se realizó en la actividad 29, para tratar de indagar sobre cómo se ha modificado su idea del ciclo celular.

Preguntas orientadoras:

1. Háblame de tu animación y que quieres representar con el
2. ¿has percibido cambios en tu animación con referencia a la primera?
3. ¿Qué elementos nuevos has integrado?
4. ¿Cómo ha sido la apropiación con los programas para crear las animaciones?

**Anexo 10.**

Guía para la entrevista semiestructurada 4 realizada al final del estudio, para examinar la evolución de los modelos mentales de los estudiantes.

Preguntas orientadoras:

1. ¿Háblame sobre la construcción de tu modelo?
2. ¿Por qué consideras que el ciclo fundamental es importante en la vida de los organismos pluricelulares?
3. ¿Si cesara la regulación del ciclo celular se afectarían los procesos vitales en los organismos?
4. ¿Qué elementos fundamentales integraste a tu nuevo modelo mental con referencia al anterior?
5. ¿En qué aspectos crees que los programas que utilizaste te facilitaron o te dificultaron la creación de tu modelo?
6. Teniendo en cuenta que eres un futuro profesor, ¿trabajarías esta estrategia de creación de animaciones en tus clases?