



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**ELABORACIÓN DE UN KIT DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA – APRENDIZAJE DE
LA REPRODUCCIÓN CELULAR EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA**

YAZMIN OSPINA DIAZ

**Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
Bogotá, Colombia
2011**

**ELABORACIÓN DE UN KIT DIDÁCTICO PARA LA ENSEÑANZA – APRENDIZAJE DE
LA REPRODUCCIÓN CELULAR EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA**

Yazmín Ospina Díaz

**Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

DIRECTOR

Doctor Xavier Marquínez Casas

**Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
Bogotá, Colombia
2011**

Dedicatoria

*A mi hija:
Juanita Alejandra Baracaldo Ospina
por ser el motor de mi vida
y por el tiempo que me regalo para
hacer realidad este logro.
A mi familia por su apoyo,
a mis profesores y amigos por sus
valiosos y oportunos aportes.*

Resumen

La mayoría de la población estudiantil siente gran interés por las ciencias naturales; sin embargo, existe una pérdida de este interés y desmotivación cuando enfrentan temas complejos que presentan dificultades en el aprendizaje; es el caso de la mitosis y la meiosis. Surge entonces la idea de proponer una ayuda didáctica que incentive y facilite la comprensión de estos procesos de reproducción celular como tema fundamental, y para entender otras temáticas relacionadas en biología.

En el presente trabajo se plantea una propuesta metodológica fundamentada en la implementación de una ayuda didáctica innovadora, práctica y llamativa denominada **Kit didáctico de la reproducción celular** que servirá como apoyo o herramienta de trabajo en el aula de clase, diseñada con el fin de facilitar el proceso de enseñanza – aprendizaje en los temas de ciclo y reproducción celular, mitosis y meiosis en estudiantes de séptimo grado de básica secundaria. Con esta ayuda didáctica se pretende utilizar algunos canales sensoriales como el visual, táctil, kinestésico y auditivo que permitan en el estudiante la recepción de información desde diferentes percepciones implementando de esta manera conceptos sobre la inteligencia sentiente planteada por Xavier Zubiri.

Palabras clave

Ciencias naturales, reproducción celular, mitosis, meiosis, ayuda didáctica, innovadora, enseñanza – aprendizaje, inteligencia sentiente, canales sensoriales.

Abstract

Most of the student population feel great interest for the natural sciences; however, When they confront complex themes that have learning problems, as mitosis and meiosis. they could see them as unmotivated and unattractive issues. Because of that, it arise the idea of proposing a teaching aid that encourages and facilitates understanding of cell reproduction as a topic fundamental, and to understanding other topics related in biology.

This paper argues a methodological proposal based on the implementation of an innovative teaching aid, practice and teaching kit called **striking cell reproduction** that will serve as support or a tool in the classroom designed to facilitate teaching process – learning in the areas of cellular reproduction cycle and mitosis and meiosis in seventh grade students of elementary school. This teaching aid is intended to open some sensory channels such as visual, tactile, kinesthetic and auditory allowing the student to receive information from different perceptions thus implementing sentient intelligence raised by Xavier Zubiri.

Keywords

natural sciences, cell reproduction, mitosis, meiosis, teaching aid, innovative, teaching – learning, sentient intelligence, sensory channels.

Contenido

	pág
Resumen	IV
Lista de figuras	VII
Lista de tablas	IX
0. Introducción	1
1. Fundamentación histórico – epistemológica	3
2. Fundamentación pedagógica disciplinar	10
2.1 Aprendizaje significativo	10
2.2 Inteligencia sentiente	11
3. Fundamentación disciplinar	13
3.1 División celular en eucariotas (mitosis)	22
3.2 División celular en eucariotas (meiosis)	31
4. Metodología y resultados	45
4.1 Finalidad de la propuesta didáctica	46
4.2 Cómo usar el Kit didáctico de la reproducción celular?	47
4.3 Diseño y elaboración del Kit didáctico de la reproducción celular	51
5. Conclusiones	55
6. Bibliografía	57

Lista de figuras

	pág
3-1. Conceptos básicos en reproducción celular	13
3-2. Mapa conceptual de la clasificación celular	14
3-3. Ciclo celular	15
3-4. Fase G1 de la interfase	18
3-5. Esquema de la síntesis de ADN	19
3-6. Dotación cromosómica diploide y haploide	20
3-7. Fase S de la interfase	21
3-8. Fase G2 de la interfase	21
3-9. Esquema de la Mitosis	22
3-10. Profase	24
3-11. Metafase	26
3-12 .Anafase	28
3-13. Telofase	30
3-14. Proceso mitótico completo	30
3-15. Formación y función de gametos	32
3-16. Esquema mitosis vs. Meiosis	33
3-17. Esquema de la meiosis en especie humana	34
8-18. Profase I	37
3-19. Metafase I	38
3-20. Anafase I	39

3-21. Telofase I	39
3-22. Etapa dos de la meiosis	40
3-23. Meiosis en género femenino	41
3-24. Esquema de la ovogénesis	42
3-25. Meiosis en género masculino	43
3-26. Esquema de la espermatogénesis	44
4-1. Componentes del KIT DIDACTICO	49
4-2. Similitud entre las partes de la célula en la presentación y las fichas del Kit	50
4-3. Cromosomas mitosis y meiosis	52
4-4. Procesos completos mitosis y meiosis	54

Lista de tablas

	pág
1-1. Dificultades de aprendizaje	3
1-2. Técnica kinestésica	5
1-3. Síntesis de revisión bibliográfica	8
4-1. Síntesis del ejercicio de aplicación	46

0. Introducción

En la educación actual, las estrategias metodológicas y ayudas que pone en práctica el docente son de gran importancia para facilitar la asimilación de los conceptos por parte de los estudiantes, logrando de esta manera que el grado de comprensión de los procesos aumente; por lo tanto surge la necesidad de que las estrategias metodológicas utilizadas para trabajar las temáticas en clase sean cada vez más interesantes, llamativas y entendibles, con el propósito de obtener un cambio conceptual que favorezca la formación intelectual e integral del estudiante de manera significativa y no memorística.

Este trabajo investigativo de innovación didáctica ha sido propuesto para facilitar el proceso de enseñanza - aprendizaje en el tema de reproducción celular, incluyendo mitosis y meiosis, a través de la implementación de un Kit Didáctico dirigido a estudiantes de grado séptimo del colegio Inmaculado Corazón de María – Misioneras Claretianas, ubicado en la localidad de Bosa centro.

La población estudiantil al que va dirigido son niños, niñas y jóvenes con un coeficiente intelectual normal, aunque se presentan en una minoría estudiantes con dificultades como atención dispersa y/o poca habilidad en el desarrollo de competencias en el ámbito interpretativo, argumentativo y/o propositivo. Son estudiantes que no tienen ninguna discapacidad a nivel visual, auditivo, motriz, ni de lenguaje y que pueden enriquecer sus habilidades al aprender a educar algunos sentidos subutilizados.

En grado octavo según la estructura curricular del Colegio Inmaculado Corazón de María se trabaja durante el segundo periodo la parte de genética y reproducción en cuyo proceso de explicación se ha evidenciado dificultad en la asimilación y comprensión de algunos aspectos asociados a la temática de este trabajo como son: la variabilidad genética, las leyes mendelianas, el proceso de fecundación y la embriogénesis, cuyas bases conceptuales radican en la incompreensión de las características propias de las células somáticas y sexuales al igual que su proceso de formación. Por lo tanto se ve la necesidad de garantizar en los estudiantes de grado séptimo mayor aprehensión en el tema de reproducción celular mitosis y meiosis.

La reproducción celular es un tema que al explicarlo no es tan sencillo de entender debido a la terminología que se utiliza, las diferentes etapas y fases las cuales se dan secuencialmente, los resultados diferenciados entre mitosis y meiosis, al igual que su relación con la constitución de tejidos y/o formación de gametos. Por lo tanto se hace importante buscar estrategias metodológicas que permitan contribuir a la comprensión fundamental de esta temática.

Con el fin de satisfacer esta necesidad se plantea la elaboración e implementación del KIT DIDACTICO DE LA REPRODUCCIÓN CELULAR, como herramienta para aplicar en el aula donde a través del uso de diferentes canales sensoriales como el visual, el auditivo, el táctil y el kinestésico se desarrolle el concepto de inteligencia sentiente de Xavier Zubiri, como estrategia metodológica para facilitar la comprensión de la mitosis y la meiosis.

Por otra parte con la implementación de esta ayuda didáctica se pretende despertar el interés del estudiante por aprender, canalizar su atención, romper el paradigma de la evaluación tradicional escrita, verbal o de la práctica de laboratorio y de esta manera lograr que el aprendizaje sea realmente divertido y significativo.

1. Fundamentación histórico - epistemológico

La genética, ciencia que estudia la herencia, es un tema que, dentro de los lineamientos curriculares y estándares planteados por la ley General de educación, esta estructurada para que los estudiantes de secundaria logren adquirir conocimientos básicos, fundamentales y de gran importancia para tener la capacidad de abordar y comprender temas de interés, de actualidad y repercusión social, relacionados con avances científicos como el descubrimiento y estudio del genoma humano, la clonación, las mutaciones y/o la posibilidad de diagnosticar y/o buscar soluciones al problema de las enfermedades congénitas (por. Ej. síndromes genéticos, terapias génicas, empleo de células madre, etc.).

En cuanto a la enseñanza – aprendizaje de las ciencias naturales, y específicamente en biología, se ha determinado que existen dificultades en la aprehensión de temáticas a nivel general en los estudiantes de bachillerato. Según María Pilar Jiménez Aleixandre (2003), “Estudios de diferentes países coinciden en señalar las mayores dificultades en los temas de genética y evolución muy relacionados entre sí”¹; siendo los temas señalados en la tabla 1-1, los que presentan mayor dificultad para los estudiantes de secundaria.

Tabla 1- 1. Dificultades de aprendizaje

TEMA	DIFICULTADES DE APRENDIZAJE
La célula	Conceptos: célula tridimensional versus célula plana; membrana celular como límite pasivo vs. Activo; períodos de inactividad entre mitosis.

¹Jiménez Aleixandre M .Pilar. La enseñanza y el aprendizaje de la biología; Departamento de didáctica de las ciencias experimentales; Universidad de Santiago de Compostela. España; Graó. 2003. P 138 - 139

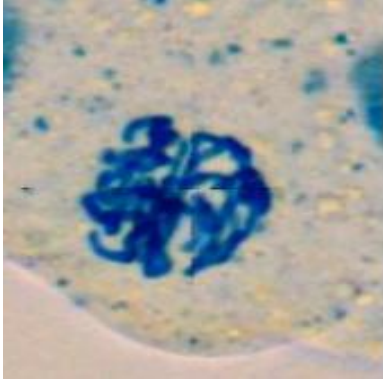



Genética	Conceptos: gen / alelo; confusión células somáticas / gametos; significado del concepto de diploidía vs. haploidía; cromosoma y meiosis.
----------	--





De manera coincidente con Jiménez (2003) , nuestra propia experiencia al igual que la de algunos docentes cercanos, nos indica que los estudiantes de básica secundaria, específicamente en el grado octavo, presentan una baja comprensión de los conceptos básicos relacionados con el componente celular, y particularmente con los procesos de mitosis y meiosis; lo cual resulta preocupante porque el manejo adecuado del tema de división celular es ineludible para comprender otros términos y/o procesos con los que guardan bastante relación.

Para ser consecuentes con la necesidad de garantizar una buena comprensión en el tema de la reproducción celular se presenta a continuación el contenido de una revisión bibliográfica que consta de tres artículos, con información relativa a la enseñanza – aprendizaje de las ciencias naturales, enfocada a la temática de reproducción celular, mitosis y meiosis, destacando los recursos didácticos utilizados por los docentes como herramientas de trabajo para facilitar y garantizar el proceso de aprehensión en el tema de ciclo celular y división celular.

En primer artículo Solano-Montero (2008) desarrolla la técnica kinestésica para optimizar el aprendizaje de las fases de la mitosis; esta consiste en una serie de movimientos realizados con los dedos de las manos de manera simultánea con los cuales se busca representar aquellos realizados por los cromosomas durante la mitosis en sus cuatro fases. Los movimientos correspondientes a cada fase celular y se muestran claramente en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2. Técnica Kinestésica

<p>Figuras 1 y 2</p> <p>“muestran la condensación de los cromosomas”</p>	<p>Profase de la mitosis (Figura 1)</p> 	<p>Imagen del movimiento Kinestésico de la profase (Figura 2)</p> 
<p>Figuras 3 y 4</p> <p>“muestra la alineación de los cromosomas en el plano ecuatorial de la célula”</p>	<p>Metafase de la mitosis (Figura 3)</p> 	<p>Imagen del movimiento Kinestésico de la metafase (Figura 4)</p> 

<p>Figuras 5 y 6</p> <p>“Representan la migración de las cromátides a los polos de la célula”</p>	<p>Anafase de la mitosis (Figura 5)</p> 	<p>Imagen del movimiento Kinestésico de la anafase (Figura 6)</p> 
<p>Figuras 7 y 8</p> <p>“la formación de los dos nuevos núcleos”</p>	<p>Telofase de la mitosis (Figura 7)</p> 	<p>Imagen del movimiento Kinestésico de la telofase (Figura 8)</p> 

En el segundo artículo Gallego *et al* (2002), se habla de la influencia que tienen los diferentes medios de comunicación, especialmente el cine y la televisión, en la adquisición de preconceptos científicos, en algunos casos errados, acerca de temas de genética y biología molecular, entre ellos: gen, genoma, reproducción celular, clonación, entre otras ideas que son fruto de su experiencia personal y social, en la que intervienen indudablemente los medios de comunicación social, y en concreto la televisión en algunas series de los Simpson, Spiderman, Pokemon entre otros ya que *(existen estudios que aseguran que ver la televisión es la segunda actividad a la que los niños dedican más tiempo; la primera es dormir. Ferrés, 1994; Fisch y col., 1997).*

Rodríguez *et al.* (2000) realizan una exhaustiva revisión bibliográfica de investigaciones acerca de las dificultades presentes en el proceso de enseñanza – aprendizaje, encontrando gran dificultad en la comprensión del componente celular a nivel estructural y funcional; la dificultad en la enseñanza de estas temáticas complejas se evidencia por la divergencia entre la información recibida y los conceptos impartidos por el facilitador 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 no son recipientes vacíos que se pueden llenar de información, sino que ya tienen unas ideas, códigos, signos, imágenes adquiridas que al interactuar con la información dada por el docente, permite construir el aprendizaje en cada estudiante. Este trabajo hace énfasis en la importancia de *las representaciones (¡internas!) entendidas como entidades mentales o elementos básicos en la cognición.*

Los resultados de las tres investigaciones mencionadas anteriormente se resumen en la tabla 1-3.

Tabla 1-3. Síntesis de revisión bibliográfica.

BIBLIOGRÁFIA	INSTRUMENTO	MUESTRA	METODOLOGÍA	RESULTADOS RELEVANTES	CONCLUSIONES
Solano 2008 Costa rica	Técnica kinestésica	111 alumnos de grado 9 Colegio T.P. San Isidro 2006	Comparación de 2 grupos de grado 9 así: 1. Explicación de fases de la meiosis + enseñanza de la técnica kinestésica 2. Solamente explicación de las fases de la meiosis	Evaluación con 8 diapositivas: El grupo 1 presentó un 72.2% de aciertos (Moda =7) frente a un 28.2% del grupo 2 (moda=3). La diferencia entre grupos es altamente significativa	- La técnica kines- tésica, abarca los tres estilos de aprendizaje: visual, auditivo y kines- tésico, según la teoría de las Inteligencias múltiples. Se recomienda iniciar con una explicación clara de cada fase mitótica utilizando ayudas visuales.
Gallego <i>et al.</i> 2002. España.	Medios de comunicación social y la didáctica de la genética y la biología molecular.	24 alumnos de 3º de E.S.O. durante el curso académico 2002/2003,	1. Aplicación de cuestionario escrito y respuesta abierta. 2. Determinar concepciones inadecuadas sobre conceptos de genética y biología molecular	62,5 % creen saber lo que es genética, pero 33% dan definiciones erróneas e incompletas. La mayoría escuchan términos como mutación y evolución en programas de televisión. Reflejan definiciones fantasiosas alejados de la concepción científica	Sugieren el uso de series de TV como herramientas pedagógicas, después la explicación del docente propiciando debates centrados en la identificación de conceptos erróneos, con el fin de desarrollar su espíritu crítico. generando resultados positivos en el aprendizaje cognitivo (Kubota y Olstad, 1991; Anderson y Lucas, 1997).
Rodríguez M ^a <i>et al.</i> 2000 Islas Canarias.	Revisión bibliográfica de investigaciones sobre la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula	Cuarenta y nueve trabajos de investigación	1. Selección de 49 investigaciones de enseñanza en biología puntualizando en la célula y sus procesos. 2. Análisis de recursos y metodologías para trabajar temas a nivel celular.	Concepciones: las ideas previas en el estudiante deben ser indagadas por el docente. Imágenes: los colores activan la capacidad de interpretar. Los tonos y organización incluyen complejidad controlando el grado de significado que el aprendiz puede extraer de ellas. Analogías proporcionan recuerdos significativos	Se observó dificultad en la comprensión del componente celular-división celular entre otros. La imagen influye en el proceso cognitivo garantizando un aprendizaje asertivo y significativo. Al indagar se pueden modificar y adecuar las representaciones mentales.

Por último teniendo en cuenta la revisión bibliográfica y la experiencia personal, surge la idea de proponer una nueva estrategia metodológica que le proporcione al estudiante la ayuda visual, auditiva, táctil y kinestésica necesaria para comprender los complejos procesos que se dan en cada fase de la mitosis y de la meiosis, al igual que las características propias de cada tipo de reproducción celular, facilitando el proceso de enseñanza – aprendizaje y fortaleciendo la significatividad a través de la implementación de una ayuda didáctica diferente que despierte el interés en el estudiante y lo motive a seguir indagando acerca de los procesos que se dan a nivel celular.

2. Fundamentación pedagógica

2.1 Aprendizaje significativo

Como lo manifiesta David Paul Ausubel [17] en la década de los setenta, el conocimiento proviene de tres aspectos importantes el primero es la significatividad lógica del material o interacción con el objeto, que involucra la relación sujeto – objeto, el segundo es la significatividad lógica del material también llamada la relación con lo previo, es decir, que el estudiante tenga un conocimiento de anclaje, que ya exista y le de la posibilidad de relacionarlo con un conocimiento nuevo y el tercero la actitud favorable del estudiante o disposición del sujeto, que en otras palabras es tener la suficiente predisposición para aprender algo nuevo, objetivo que para el docente es fundamental en el momento de abordar cada clase ya que una vez logre la atención e interés del aprendiz facilita el proceso de enseñanza – aprendizaje ; estas ideas rompieron con lo que en el momento se estudiaba, “el aprendizaje memorístico”.

Este médico cirujano y psicólogo que mostro gran interés en el aprendizaje, afirma que el aprendizaje significativo, básicamente es el proceso en el cual un nuevo conocimiento es relacionado con otro del pasado, se trata de un mecanismo humano hecho conscientemente y que se da cuando la persona logra desaprender o reestructurar un conocimiento ya establecido definido por él como “significatividad psicológica”, es decir, que sus contenidos sean comprensibles desde la estructura cognitiva que posee el sujeto que aprende”² donde a través de la interacción entre un nuevo material o una nueva información y la estructura cognitiva preexistente se da como resultado la asimilación de nuevos conceptos pero de manera lógica.

“Ausubel también concibe al alumno como un procesador activo de la información, y dice que el aprendizaje es sistemático y organizado, pues es un fenómeno complejo que no se reduce a simples asociaciones memorísticas. Aunque esta concepción señala la importancia que tiene el aprendizaje por descubrimiento (dado que el alumno reiteradamente descubre nuevos hechos, forma conceptos, infiere relaciones, genera

² Gimeno . J y Pérez . A . Comprender y transformar la enseñanza. Madrid: Morata, Undécima edición, 2002, p.46.

productos originales, etc.), considera que no es factible que todo el aprendizaje significativo que ocurre en el aula deba ser por descubrimiento.”³

Por lo anteriormente mencionado es importante destacar la herramienta valiosa que son las experiencias en el laboratorio para enriquecer y reafirmar el conocimiento impartido en el aula de clase; pero el conocimiento también es significativo para el estudiante si se le permite con la ayuda de cualquier otro recurso didáctico, que sea él mismo quien procese la información y construya su propio conocimiento.

No todos los estudiantes tienen la misma predisposición hacia todos los contenidos debido a sus habilidades, destrezas, intereses e inteligencias propias en sus diferentes grados de desarrollado, por lo tanto, para que el aprendizaje sea significativo se debe despertar el interés del estudiante por conocer y entender nuevos conceptos avivando su curiosidad y demostrándole que lo que se esta trabajando en el aula de clase tiene aplicabilidad en la realidad.

2.2 Inteligencia sentiente

Xavier Zubiri descubre en la historia de la filosofía una contraposición entre sentir e inteligir que se da desde el inicio de esta disciplina; la cual a partir de Descartes (Modernidad) hace énfasis en la razón, desestimando los sentidos, a los cuales se les considera simples sensorios pasivos que proveen información. Para Descartes, el “pienso, luego existo” implica que es la razón quien provee al hombre los conocimientos suficientes para comprender su mundo. Otras corrientes, como el romanticismo o el sensualismo hacen énfasis en los sentidos, desestimando la razón, de una forma que podríamos resumir en “siento, luego existo”.

Este dualismo sentir-inteligir puede ser superado de acuerdo con Zubiri por medio del concepto de inteligencia sentiente: “El culto a la razón que viene gravitando desde la Modernidad ha propiciado una cierta tiranía de la razón que mira con grave desdén la sensibilidad humana, es un dualismo. Tampoco se trata de establecer el culto de los sentidos, en remplazo del culto de la razón [por lo contrario], es importante educar y pensar en los sentidos, porque el sentir y el inteligir humanos son sentir intelectual e

³ Barriga. A Frida y Hernández Gerardo. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo una interpretación constructivista. Editores Mc Graw Hill 2ª edición. p.59.

intelección sentiente. No hay primado del inteligir sobre el sentir, ni al revés.” (Antolínez 2009).

“Lo que constata Zubiri como un hecho es que aunque sentir y entender no pueden identificarse, tampoco cabe disociarlos, porque “el sentir humano y la intelección no son dos actos numéricamente distintos, cada uno completo en su orden sino que constituyen dos momentos de un solo acto de aprehensión sentiente de lo real: es la inteligencia sentiente”.⁴

La posición de Zubiri radica básicamente en las críticas constructivas que hace al sensualismo como postura problemática que reduce los contenidos del juicio y la razón a percepciones sensoriales, olvidando el sentido de realidad y al intelectualismo que se basa en la inteligencia concipiente dejando también de lado la realidad.

A pesar de la unilateralidad que presentan el sensualismo y el intelectualismo es posible establecer que entre las dos se da un punto de “intersección en el momento en el que ambas defienden el carácter receptivo del sentir mientras que le otorgan al entendimiento una función activa y configuradora. Ante estos postulados, validos por la modernidad, Zubiri aclara que la sensibilidad no es una facultad de tipo pasivo y que sus actos no preceden temporalmente a las actividades y operaciones del entendimiento.

Xavier Zubiri (1893 -1983) considera que la inteligencia es sentiente, así como los sentidos son inteligentes..... Considera que los sentidos deben educarse para favorecer la inteligencia visual, auditiva, táctil, kinestésica, olfativa, etc.....; en este sentido, Xavier Zubiri anticipa la idea de inteligencias múltiples propuesta por Gardner en (1983).

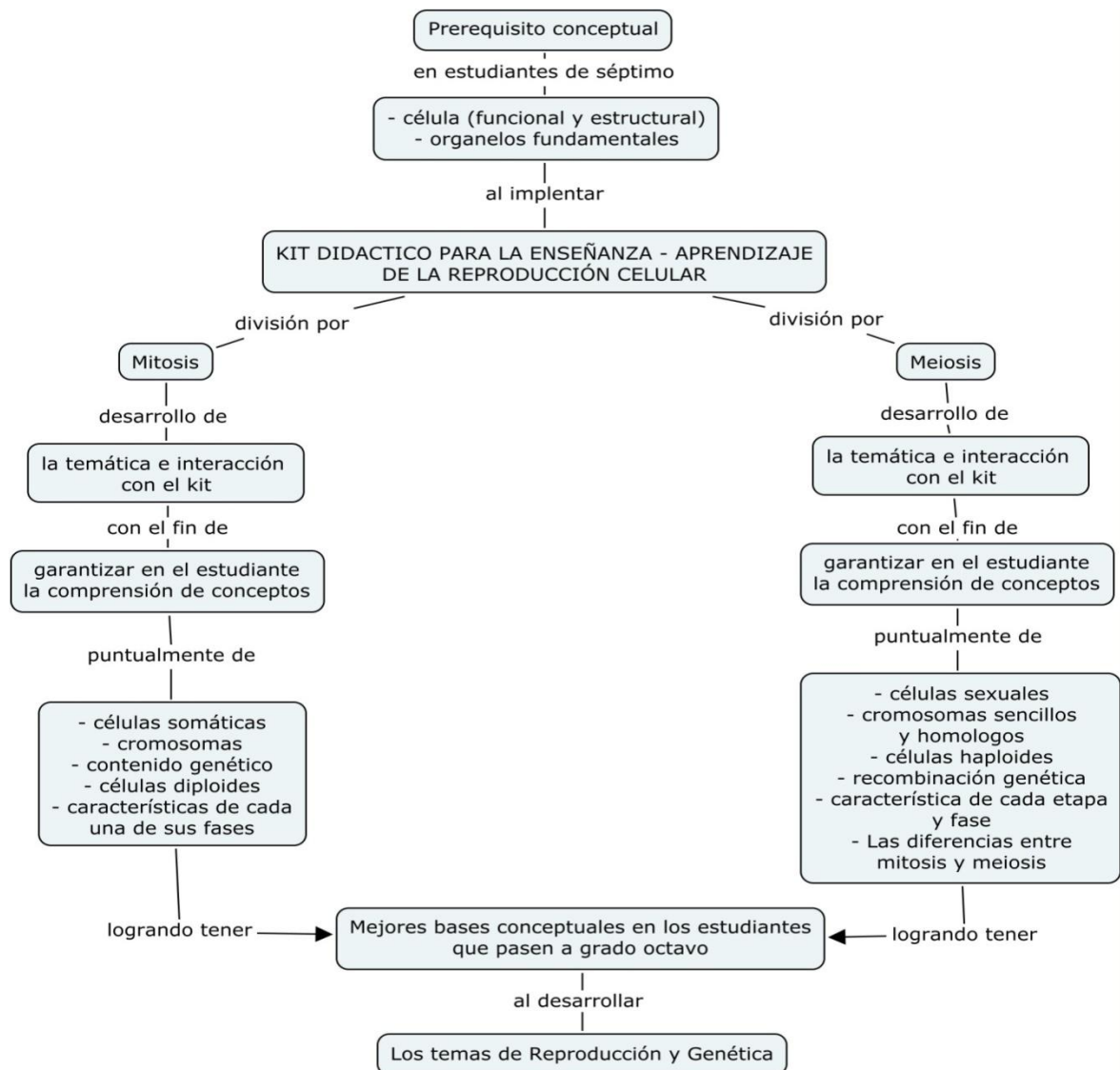
De tal forma cabe puntualizar que según Xavier Zubiri el ejercicio de adquirir conocimientos como una función intelectual imprescindible para el enriquecimiento conceptual del individuo, debe darse desde la inteligencia sentiente y no desde la inteligencia concipiente garantizando de esta manera un aprendizaje significativo en el estudiante donde sea el mismo quien construya y se apropie del concepto.

⁴ GARCIA Juan José, Inteligencia sentiente, reidad y Dios nociones fundamentales en la filosofía de Zubiri, Cuadernos de pensamiento Español, redacción, administración y petición de ejemplares, Universidad de Navarra. P 23

3. Fundamentación disciplinar

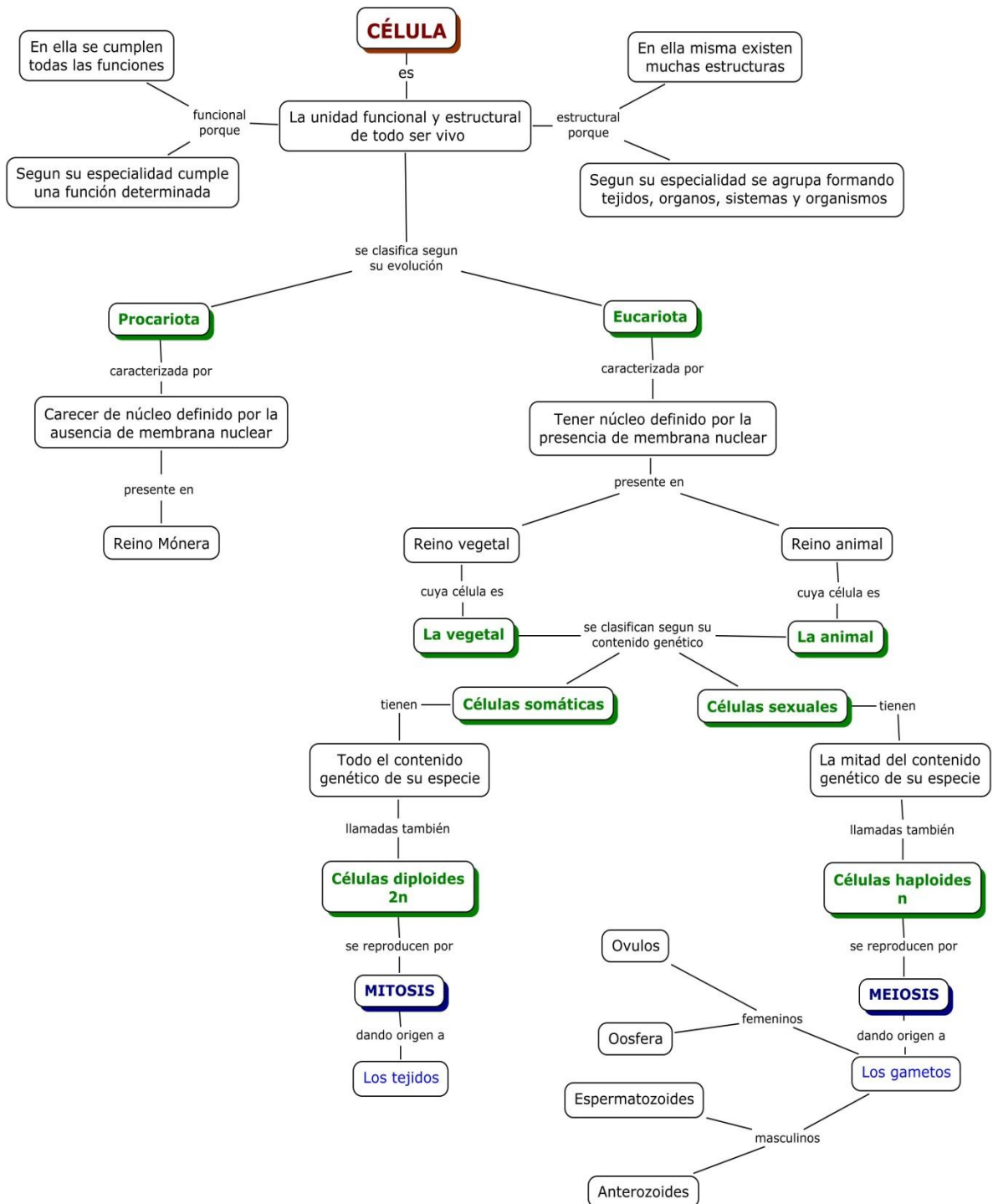
A continuación se presenta a través de un mapa conceptual **Figura3-1**, la síntesis de los conceptos que debe manejar el estudiante de grado séptimo antes de ver la temática de reproducción celular, al igual que los conceptos que se espera queden comprendidos después de interactuar con el KIT DIDACTICO propuesto.

Figura3-1. *Conceptos básicos en reproducción celular*



Desde el punto de vista disciplinar es importante que el estudiante tenga claridad en los siguientes aspectos pertinentes a la clasificación celular, las características fundamentales y más relevantes, esta información se sintetizada en del mapa conceptual que figura en el **figura 3-2**

Figura 3-2. Mapa conceptual de la clasificación celular

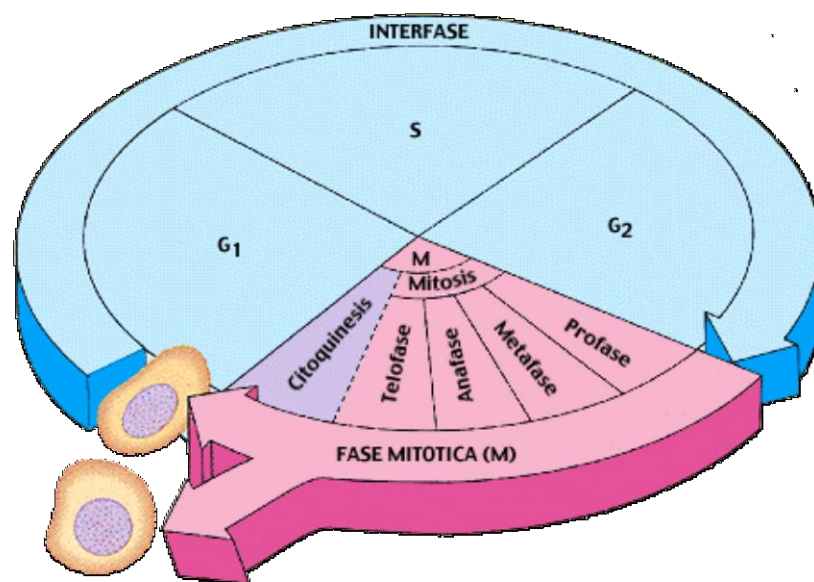


Para la elaboración de este capítulo se tuvieron en cuenta los siguientes textos de consulta: *Essentials of genetics* (Klug et al. 1999), *Life: The science of biology* (Purves et al., 1998); *Biología celular y molecular* (Lodish et al. 2005); *Biología celular y molecular* (De-Robertis et al., 1998); *Biología celular y molecular* (Lodish et al. 2006), que sirvieron como soporte teórico en el ejercicio de ampliar información, clarificar procesos y dimensionar los conceptos fundamentales que se pueden trabajar en el contexto escolar de séptimo grado escogido como población apta para la aplicación del Kit Didáctico como ayuda didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el tema de reproducción celular.

Es pertinente facilitar la comprensión del estudiante en cuanto a la concepción de célula como un ser vivo en miniatura, donde se da la presencia y formación de estructuras con funciones específicas, que permiten la manifestación de procesos vitales tales como la respiración, excreción, circulación y digestión entre otros, por lo tanto si la célula es análoga a un ser vivo, entonces cabe decir que su ciclo de vida es similar al de un ser vivo cualquiera.... se “origina” en un proceso de mitosis o meiosis mediante la división de una célula progenitora, “crece”, y “se reproduce”. Todo este proceso es lo que constituye un ciclo celular completo.

El ciclo celular contiene dos etapas: la interfase que en términos generales prepara la célula para la división o reproducción y la mitosis donde se efectúa la división celular como tal, en la figura 3-3 se muestra gráficamente la secuencia presentada y componentes de cada una de las dos etapas mencionadas.

Figura 3-3. *Ciclo celular*



La interfase consta de tres fases G_1 , S y G_2 e inicia a partir de la citocinesis (separación “equitativa” del contenido citoplasmático entre las células resultantes de la mitosis), las células hijas resultan más pequeñas que la célula progenitora y poseen un bajo contenido de ATP resultante del gasto experimentado en el ciclo anterior del cual fueron originadas; por lo tanto necesitan volver a tomar su tamaño normal y adquirir tanto el contenido citoplasmático como el contenido genético necesario para volver a dividirse; cabe mencionar que esta parte del ciclo abarca aproximadamente el 95% del ciclo celular el 5% restante es lo que dura la célula dividiéndose, por ejemplo en las células humanas en replicación rápida el ciclo completo se da en 24 horas donde la mitosis se efectúa en unos 30 minutos aproximadamente y las tres fases de la interfase se dan en 9 horas, 10 horas y 4,5 horas respectivamente.

La división celular la parte del ciclo donde la célula inicial llamada madre se divide para formar dos células hijas, este proceso de reproducción celular está constituido por cuatro fases denominadas: profase, metafase, anafase y telofase en las que se efectúan una serie de sucesos interesantes que permiten la reproducción de células.

Cabe resaltar que gracias a la división celular se da el crecimiento de los seres pluricelulares con la formación de células somáticas con las que se construyen los tejidos por MITOSIS, también la reproducción vegetativa en las plantas y la fisión binaria en procariontes ocurren por procesos mitóticos; en organismos con reproducción sexual, la formación de células sexuales o gametos ocurre por un proceso particular de división celular denominado MEIOSIS.

Debido a que el Kit didáctico propuesto en este trabajo está focalizado en los procesos de mitosis y meiosis, se ha optado por desarrollar un modelo generalizado a partir de lo que ocurre en humanos; dicho modelo presenta variaciones importantes en plantas y procariontes (entre otros organismos), que no serán tenidas en cuenta para evitar confusión en el estudiante; pues se considera que puede ser más significativo y de mayor interés para él, conocer cómo se da el proceso de reproducción en las células somáticas y gaméticas que forman su propio organismo.

Al abordar la temática de reproducción celular es necesario tener presente que varios términos serán nuevos para el estudiante de y que muy probablemente puede no significar lo mismo para todos como es el caso del contenido genético de una célula u organismo; por lo tanto se ve la necesidad de indagar, acerca de lo que para ellos quiere

decir ese término y con base en esas ideas previas generar controversia para poder construir entre todos el significado real del concepto; una vez se tenga la certeza de que los aprendices comprendieron a lo que se hace referencia cuando se habla de contenido genético, entonces se les puede solicitar que consulten los siguientes aspectos:

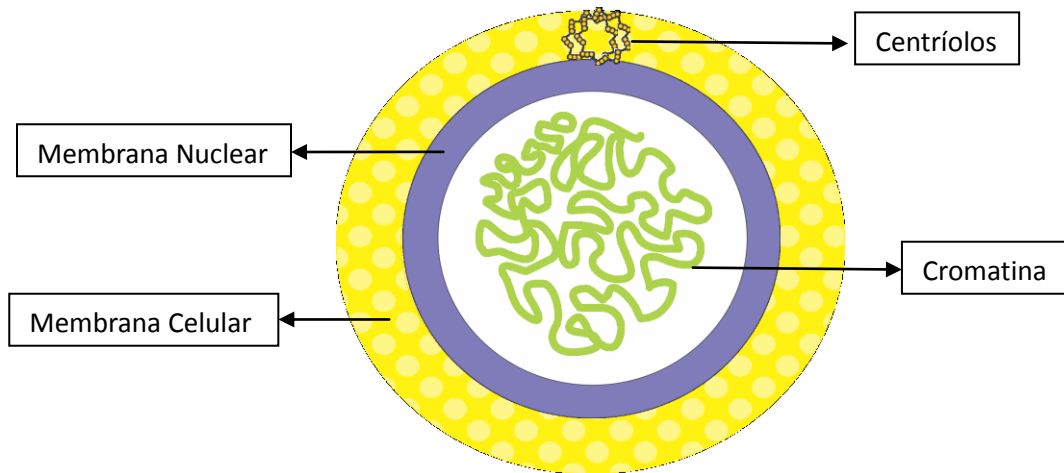
- las partes de un cromosoma (cromátides hermanas, centrómero, brazos p, brazos q y telómeros)
- su clasificación según la posición del centrómero (metacéntricos, submetacéntricos, acrocéntricos y telocéntricos) y según los rasgos o caracteres que se transmiten a través de ellos (autosómicos y alosómicos también llamados heterocromosomas o sexuales denominados X e Y).

Ahora se retoma la primera etapa del ciclo celular con el fin de profundizar un poco más en las características de sus fases, aclarando que para los estudiantes de grado séptimo algunos términos y procesos no son tan fáciles de comprender aún; por lo tanto, lo que se muestra a continuación es lo que se considera como básico y que puede ser comprendido con mayor facilidad; sin embargo la síntesis de ADN es un proceso que aunque no se trabajará con los estudiantes es importante de tratar más adelante sencilla y brevemente.

LAS TRES FASES DE LA INTERFASE

Fase G₁, (del inglés gap = intervalo) Comienza a partir de la división “equitativa” del contenido citoplasmático entre las células hijas resultantes del proceso mitótico anterior en el que el ADN conforma estructuras altamente condensadas (empaquetadas), denominadas cromosomas y que son visibles al microscopio óptico; finalizada la mitosis, las células hijas resultantes deben descondensar los cromosomas simples al interior de una nueva membrana nuclear; estos dejan de ser visibles de manera individual al microscopio óptico, conformando una estructura donde el ADN esta en forma de hebras relajadas que recibe el nombre de cromatina la cual se puede observar al hacer tinciones con colorantes acidófilos como la safranina o la fucsina. Finalmente la fase G₁ figura 3-4, es intermedia entre el origen de una célula después de la mitosis y la iniciación de la síntesis de ADN y destacando que durante la fase G₁ la célula aumenta de tamaño.

Figura 3-4. Fase G_1 de la interfase.

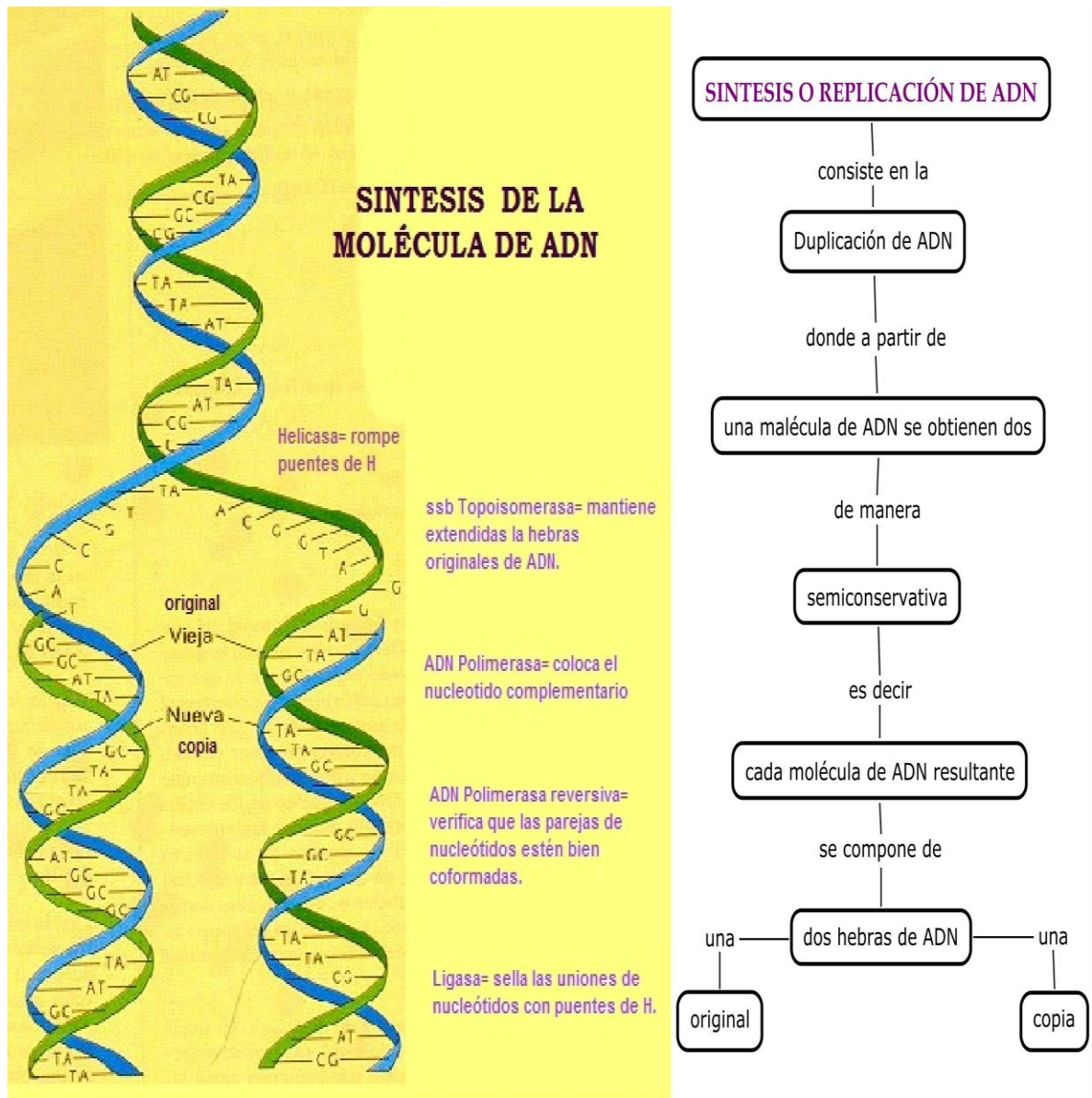


Una vez que la célula adquiere el tamaño adecuado, conteniendo los ARNs, proteínas (enzimas) y ATP necesarios, comienza la segunda fase de la interfase, fase S.

Fase S (síntesis del ADN): durante esta fase de la interfase se produce una copia de la molécula de ADN monocatenario, hebra parental u original con lo que se cumple el propósito de duplicar a los cromosomas simples o cromátides que permanecen en estado relajado, generando dos cromátides por cromosoma, es decir, el ácido desoxirribonucleico que fue descondensado de las cromátides en las células hijas y que entraron a la G_1 , relajaron el ADN precisamente para permitir su proceso de replicación y de esta manera completar el componente o aparato cromático que hace referencia a los cromosomas completos y no a las cromátides o cromosomas sencillos con las que entra una célula madre a división celular, en otras palabras se completa cada cromosoma con la formación de las cromátides hermanas.

En la figura 3-5 se muestra un esquema explicativo de la síntesis de ADN incluyendo las funciones de las enzimas que participan en este proceso de replicación, de igual forma para comprender mejor la diferencia entre cromosoma completo y sencillo es necesario relacionar la síntesis de ADN con la dotación cromosómica básica y completa en términos de "n" y "2n" respectivamente concluyendo, a través de la figura 3-6, que en cada cromosoma completo hay dos cromátides "2c" cada una con una molécula de ADN por lo tanto se deduce que en cada pareja de cromosomas homólogos existirán cuatro cromátides "4c".

Figura3-5. Esquema de la síntesis de ADN.



En la figura 3-7, se puede observar como se duplicó la cadena monocatenaria o hebra sencilla del ADN, representando gráficamente el cambio de la cromatina en la fase G₁ donde se tiene una sola copia de ADN y al finalizar la fase S donde ya se han formado las hebras nuevas de ADN que conforman ahora si la molécula completa.

Figura 3-6. Dotación cromosómica diploide y haploide. Editado de [21, 22 y 23]

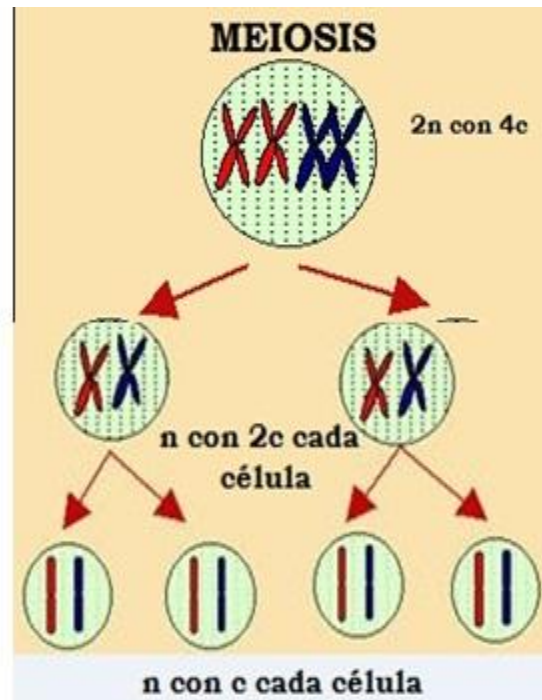
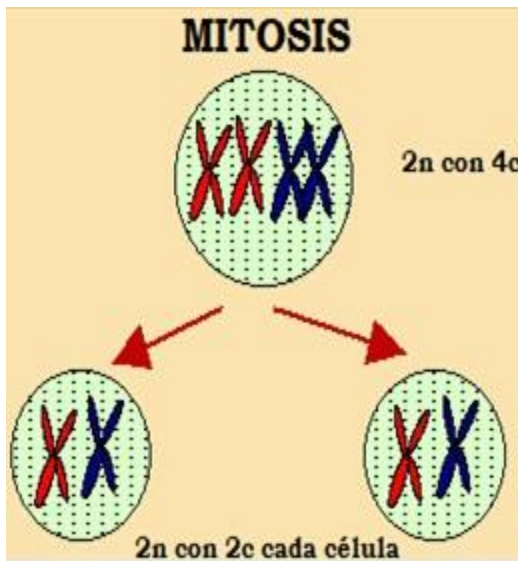
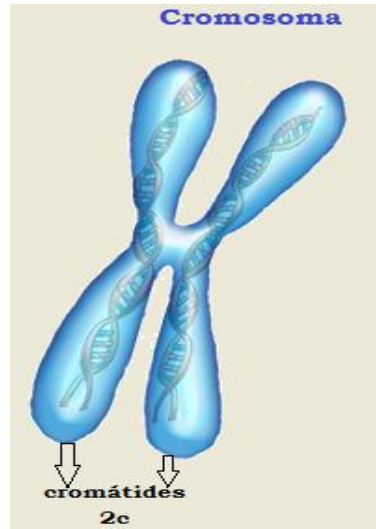
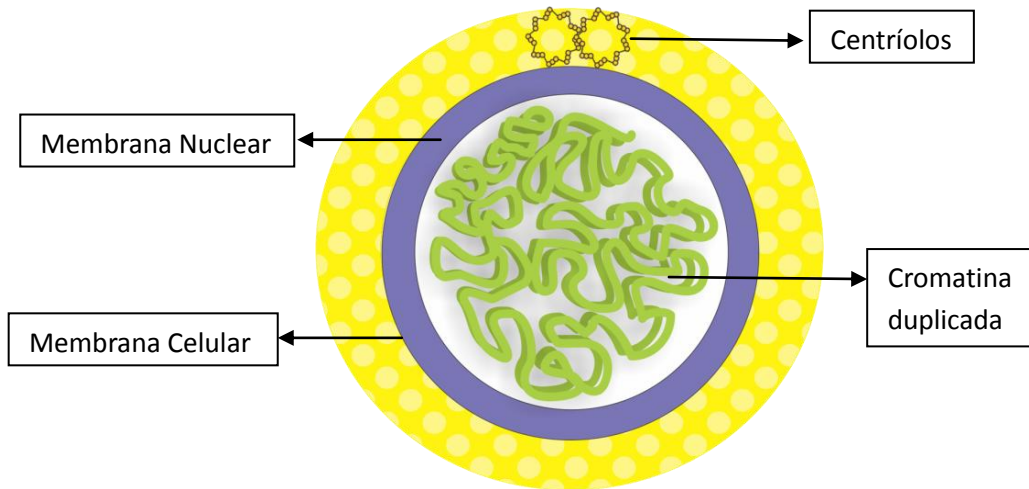


Figura 3-7. Fase S de la interfase.

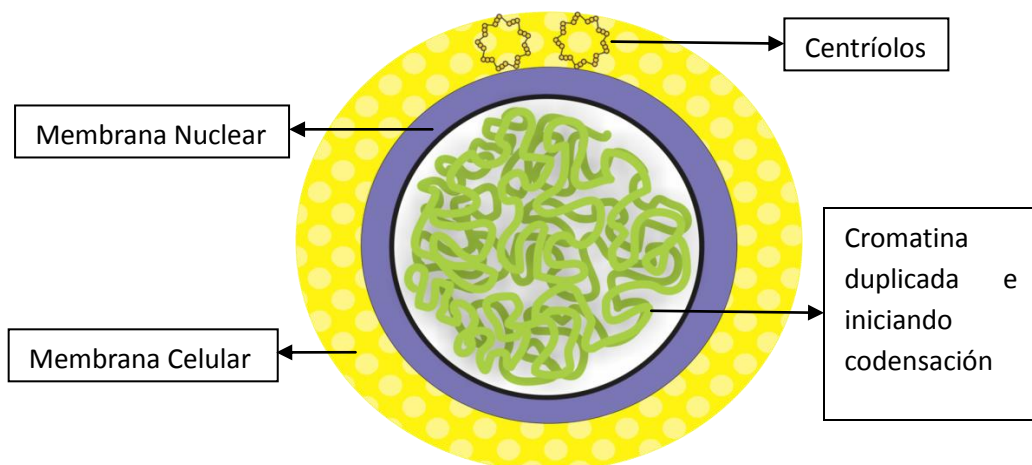


Fase G₂(del inglés *gap* = intervalo):

Dado que en la fase anterior S (síntesis) se consume gran cantidad de energía, la célula entra nuevamente en un proceso de crecimiento y adquisición de ATP. La energía adquirida durante la fase G₂ se utiliza para el proceso de mitosis. El fin de la G₂ esta marcado por el inicio de la mitosis. En conclusión las fases G₁,S y G₂ se denominan en conjunto interfase correspondiente al periodo de preparación celular entre una mitosis y la siguiente.

A través de la figura 3-8 se muestra como la cromatina empieza a condensarse permitiendo observar y diferenciar las dobles hebras de ADN sintetizadas en la fase S.

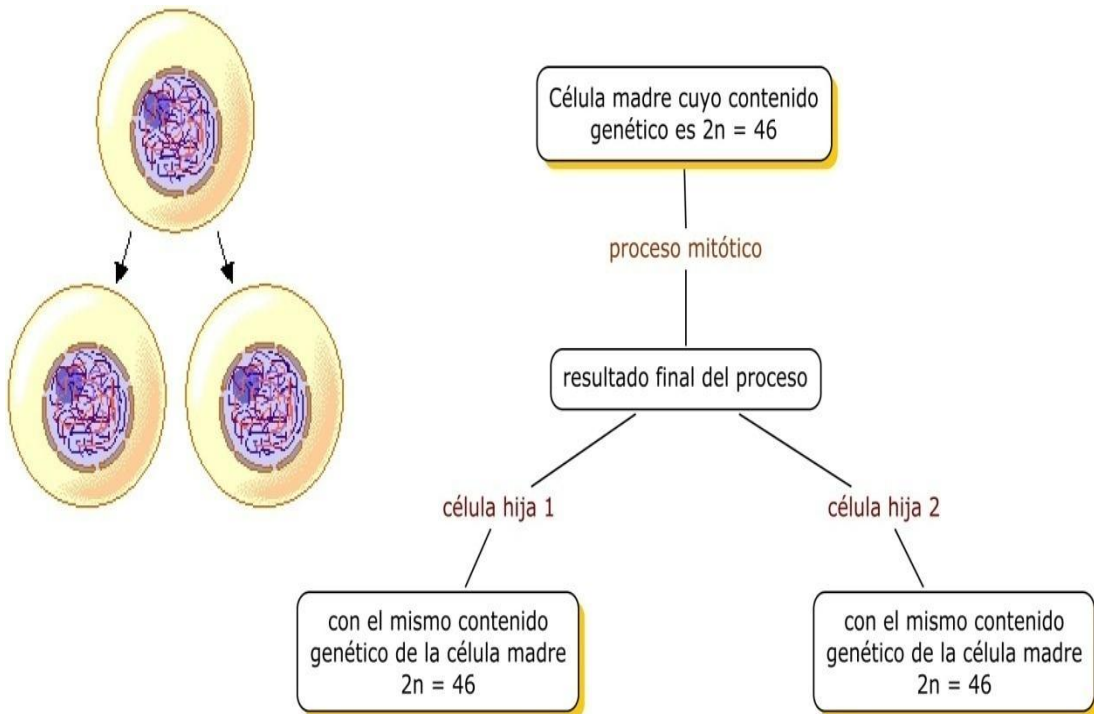
Figura 3-8. Fase G₂ de la interfase.



3.1 División celular en eucariotas MITOSIS

Para comprender este proceso es importante tener clara la información presentada en el mapa conceptual de la figura 2, acerca de la clasificación celular, por lo tanto se sugiere hacer un repaso para los estudiantes antiguos y nuevos con el fin de unificar información y garantizar una base más sólida para todos al trabajar el tema de reproducción celular. La mitosis es el proceso por el cual una célula madre $2n$ (con cromosomas duplicados) da lugar a dos células somáticas hijas $2n$ (con cromosomas simples). Las nuevas células comparten la misma información genética entre sí (Figura 3-9). Esto se da durante cuatro fases: profase, metafase, anafase y telofase de las cuales se hablara a continuación.

Figura 3-9. Esquema de la Mitosis



FASES DE LA MITOSIS

Al iniciar con esta parte del ciclo celular se aclara que la distribución del contenido teórico se presenta de dos formas una general y otra a través de viñetas esta última es la que se sugiere explicar en clase para que el docente al implementar la ayuda del Kit didáctico logre dejar claro el tema en el estudiante, garantizando que en un grado de escolaridad superior tenga la capacidad de complementar la información que en grado séptimo recibirá sobre el tema de reproducción celular.

Profase:

Durante esta primera fase se dan tres procesos importantes que son: la disgregación del citoesqueleto, la condensación de los cromosomas y la formación del huso mitótico.

Disgregación del citoesqueleto: reconocido como la estructura tridimensional dinámica que se extiende a través del citoplasma; durante la fase G2 y el inicio de la profase se desorganiza el citoesqueleto ocasionando un cambio en la forma de las células madre que entran en división, destacando que las células animales pierden la forma habitual que tienen dependiendo su especialidad por ejemplo en las epiteliales son prismáticas; pero al iniciar la profase adoptan la forma esférica, esto sucede en todas las células que forman tejidos en el organismo de cualquier individuo que pertenezca al reino animal, incluido el ser humano; pero en las células vegetales no ocurre lo mismo en profase debido a la presencia de pared celular rígida.

Condensación de los cromosomas: Los cromosomas profásicos se presentan como filamentos delicados dentro de la membrana nuclear, sus cromátides están unidas por el centrómero y asociadas por un complejo proteico llamado cohesina el cual permanece a lo largo de las cromátides hermanas a medida que se hace la síntesis del ADN. A medida que avanza la profase se van acortando y engrosando las cromátides, suceso efectuado por la presencia del complejo proteico ciclinas M-Cdk y la condensación de las histonas de tal forma que un cromosoma se forma después de que la doble hebra de ADN se empaqueta o superenrolla unas 100 veces aproximadamente.

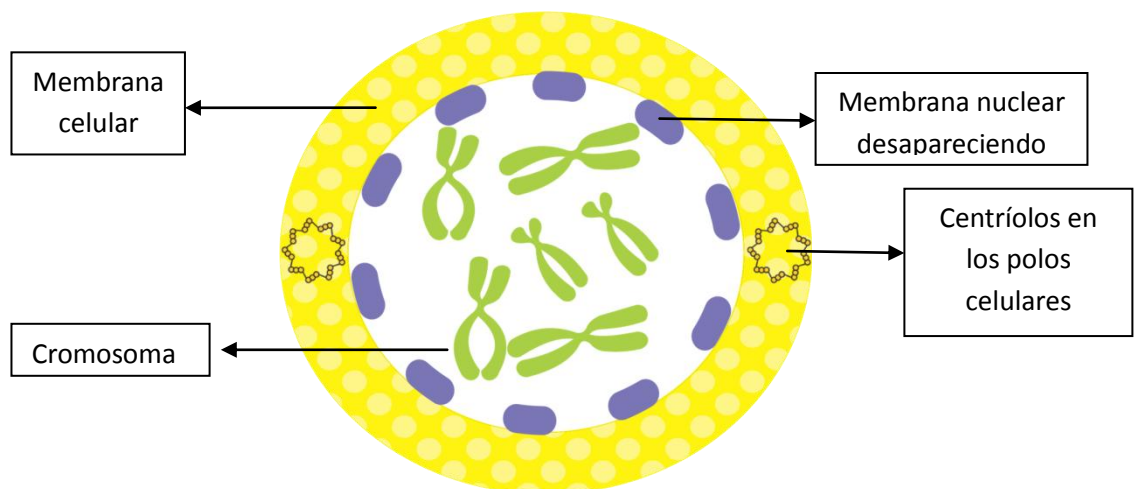
Formación del huso: Durante la fase G1 de la interfase, los complejos ciclinas G1/S-Cdk, además de iniciar la replicación del DNA, estimulan la separación de los centriolos (Figura 3-10); estos se ubican en los extremos o polos celulares, durante la profase se inicia la formación de los microtúbulos del huso mitótico alrededor de los centriolos, aunque es durante la metafase cuando se observan más claramente.

En conclusión, de esta fase se consideran fundamentales los siguientes aspectos:

- ✚ La **profase** es la primera fase de la mitosis y dura aproximadamente un 40% del tiempo total de la mitosis.
- ✚ Durante esta fase los centriolos emigran hacia los polos celulares ya que estos orgánulos son los encargados de dirigir la división celular.
- ✚ El ADN que durante la interfase estaba desorganizado o relajado en forma de cromatina se empaqueta u organiza y toma una estructura diferente ahora llamada cromosoma.
- ✚ La membrana nuclear empieza su proceso de desintegración hasta que finalmente desaparece por completo.

La información descrita se puede evidenciar en la figura 3-10.

Figura 3-10. Profase.



Metafase:

Al inicio de la metafase ocurre la desintegración total del nucléolo y el inicio de la degradación de la membrana nuclear, el huso mitótico también llamado acromático se extiende de polo a polo celular (en dos casquetes de microtúbulos originado por cada centriolo), en el centrómero de cada cromosoma se observan dos estructuras llamadas cinetócoros ubicados a lado y lado del centrómero con el fin de que en ellos se anclen los microtúbulos positivos del huso formando una conexión entre las cromátides de cada cromosoma y los polos del huso.

Los cromosomas están completamente ubicados en el plano ecuatorial, con el fin de disponer en la mitad de la célula a todos los cromosomas, permitiendo que los dos cinetócoros en los centrómeros de cada cromosoma sean conectados a los polos celulares a través de los microtúbulos de las fibras del huso mitótico, como el cromosoma esta en el plano ecuatorial cada uno de sus cinetócoros queda en dirección a los polos celulares y de esta manera como cada cromosoma consta de dos cromátides y cada uno de ellas tiene su cinetócoro cercano entonces cada una de ellas estará unida a un polo diferente.

Estrictamente hablando lo que en realidad se ubica en el plano ecuatorial son los centrómeros de modo que los cromosomas quedan divididos como por un plano ecuatorial que deja una cromátide a un lado y la otra en el lado opuesto.

Al igual que en la profase la información que se encuentra a continuación es la que se considera pertinente para trabajar con la población referenciada para este trabajo.

- ✚ La metafase es la segunda fase de la mitosis y se da en aproximadamente el 20% del tiempo total de la división celular.
- ✚ A partir de los centriolos se forman las fibras del huso mitótico también llamado acromático.
- ✚ Los cromosomas se ubican en el plano ecuatorial de la célula, es decir, en la mitad.

- El huso mitótico funciona como una caña de pescar cuyo pez vienen siendo los cinetócoros de cada centrómero en cada cromosoma anclando sus fibras a lado y lado de todos y cada uno de los cromosomas.

Las características mencionadas anteriormente y que se dan durante la metafase se pueden observar fácilmente a través de la figura 3-11. Aunque se aclara que la metafase que verá el estudiante en el Kit didáctico es como en la segunda imagen de la figura, por manejo de espacios en el diseño.

Figura 3-11. Metafase.

Imagen 1

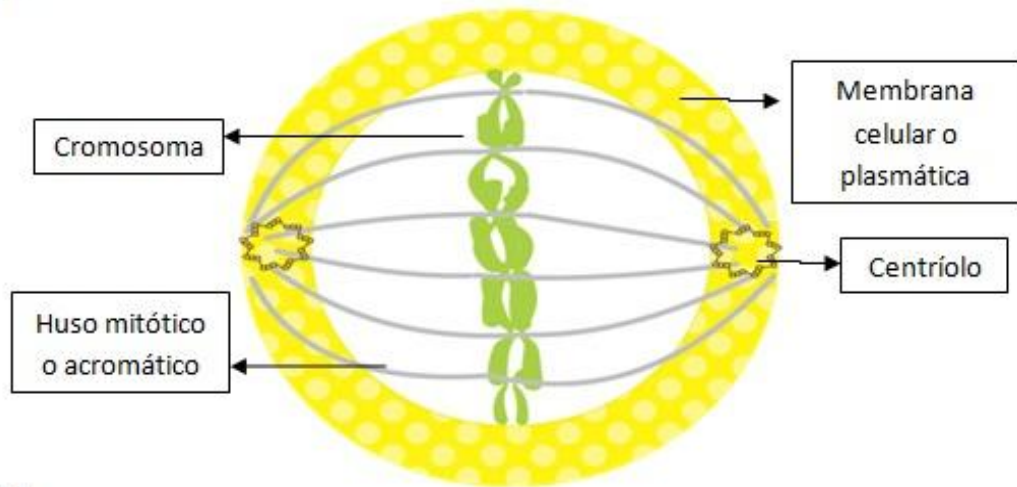
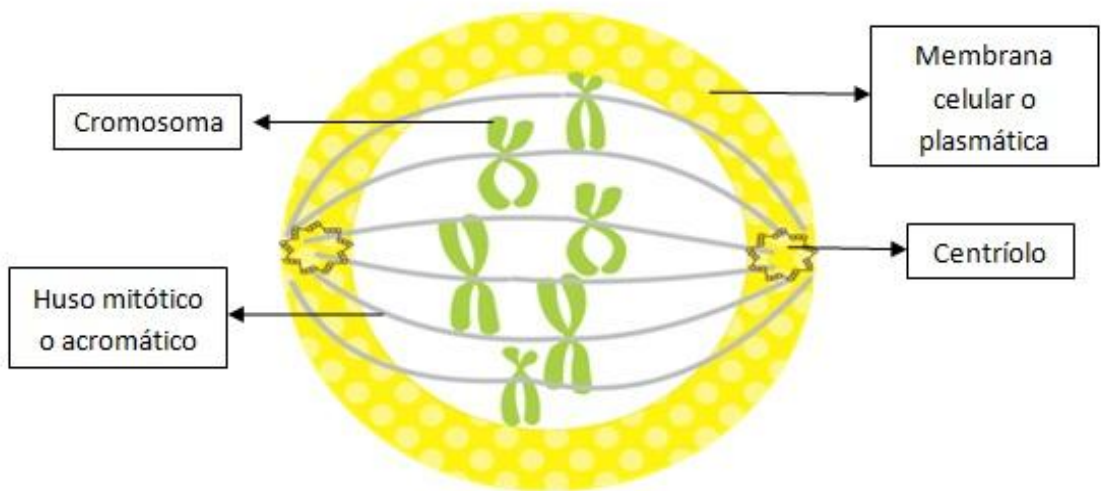


Imagen 2



Anafase:

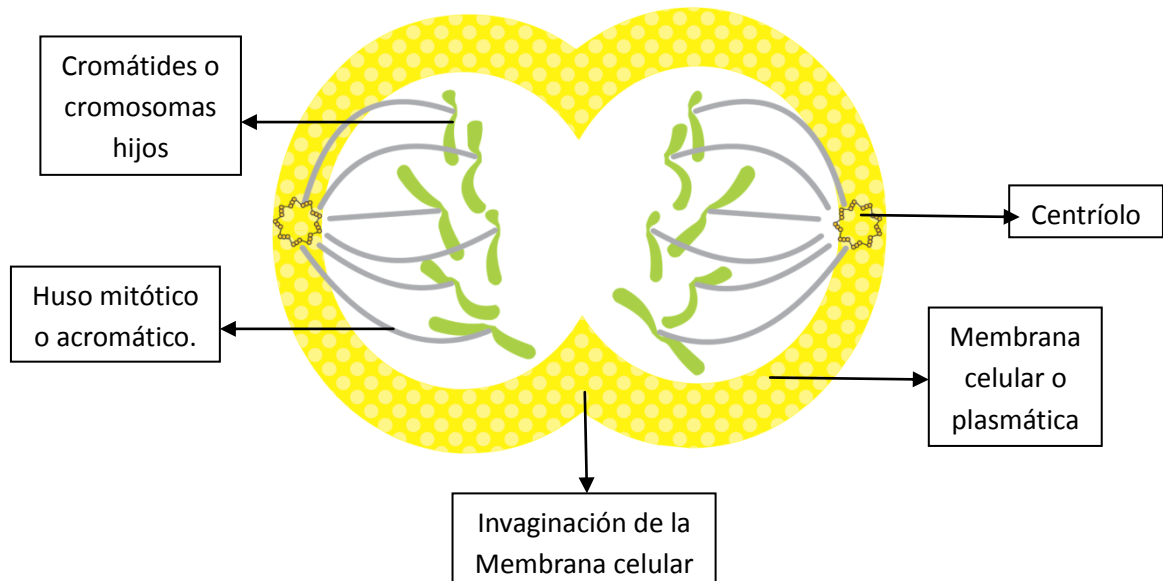
Corresponde a la tercera fase de la mitosis y se da una vez terminada la metafase, dura aproximadamente el 10% de la mitosis en general; durante esta fase los cromosomas que hasta la metafase estaban unidos por el centrómero gracias a la acción de la cohesina, ahora se separan paulatinamente, debido a la presencia de otra enzima llamada separasa la cual tiene como función degradar o bloquear la cohesina ocasionando la desunión entre las cromátides hermanas en cada cromosoma.

Una vez separadas ambas cromátides inician su recorrido de emigración hacia sus respectivos polos, una para cada uno, nunca van las dos para el mismo polo celular debido al proceso de anclaje que se vio en la metafase. El desplazamiento de las cromátides se da por el acortamiento de los túbulos cromosómicos suceso que se da por la pérdida de tubulinas en los cinetócoros; por otra parte el desplazamiento de los cinetócoros junto con su respectiva cromátide sobre los microtúbulos que se acortan, se da gracias a la presencia de las proteínas dineína citoplasmática quienes conectan el cinetócoro a las fibras del huso, avanzando su recorrido hacia el extremo negativo del huso mitótico. Quedando al final de este proceso, un vacío cromosómico en la zona del plano ecuatorial más no de microtúbulos ya que se sigue observando mayor cantidad de estos en el plano ecuatorial que en los casquetes o polos celulares.

A continuación se muestra la información fundamental para tratar en clase al igual que la figura 3-12 donde se muestra gráficamente las características mencionadas.

- ✚ Las fibras del huso mitótico se acortan progresivamente hasta efectuar en los cromosomas una división entre sus dos cromátides hermanas.
- ✚ Cada cromátide hermana (cromosoma sencillo) migra en dirección al huso mitótico hacia el centriolo respectivo. De cada cromosoma, una copia se dirige a cada polo, de tal manera que se van a generar 2 células genéticamente idénticas.
- ✚ La membrana celular sufre una deformación en su estructura (toma forma de ocho) debido a que el contenido celular se concentra en la zona cercana a los centriolos.

Figura 3-12. Anafase.



Telofase:

Esta cuarta fase de la mitosis tiene una durabilidad del 30% en el proceso mitótico, se inicia una vez los cromosomas hijos o cromátides finalizan la emigración hacia los polos respectivos en la anafase; cuando esto sucede las cromátides se descondensan y pasan a formar la cromatina efectuando de esta manera el mismo proceso de la profase pero a la inversa; por lo tanto, el nucléolo que desapareció en la profase vuelve a diferenciarse, se reconstituye la membrana nuclear, donde antes habían cromosomas hijos ahora esta la cromatina debido a que las cromátides se descondensan formando masas de cromatina rodeada por vesículas y por último el citoesqueleto se reorganiza proporcionándole a la célula su morfología normal.

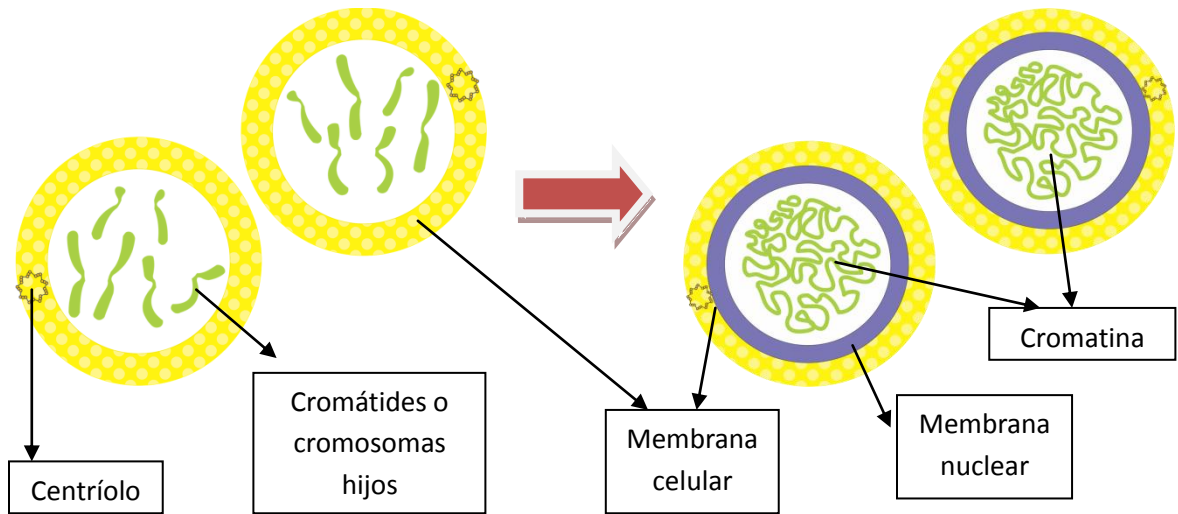
Hasta ahora las cuatro fases se han encargado de la división celular a nivel nuclear (cariocinesis); pero toda célula consta también del contenido citoplasmático, por lo tanto durante la telofase el contenido citoplasmático también debe dividirse (citocinesis); la división del citoplasma puede ser equitativa, dando lugar a tejidos homogéneos, o desigual (asimétrica), esta última es un requisito para la generación de tejidos y órganos complejos con tipos celulares diferentes en tamaño y forma (por ej. las células que forman en los vegetales los pelos radicales en la raíz o los estomas en las hojas). Finalmente es importante reconocer que la citocinesis está ligada con la cariocinesis; pero de cierta manera cada proceso es independiente del otro, tanto así que en ocasiones se puede

observar durante la división de algunas células la separación del contenido nuclear y no la del contenido citoplasmático como se da en la formación de plasmodios (masas citoplasmáticas que contiene varios núcleos no separados por membranas).

Al igual que en las demás fases con el fin de puntualizar las características generales y básicas de cada una ellas se presenta a continuación los aspectos más relevantes de la telofase y que en la figura 3-13 se muestra gráficamente.

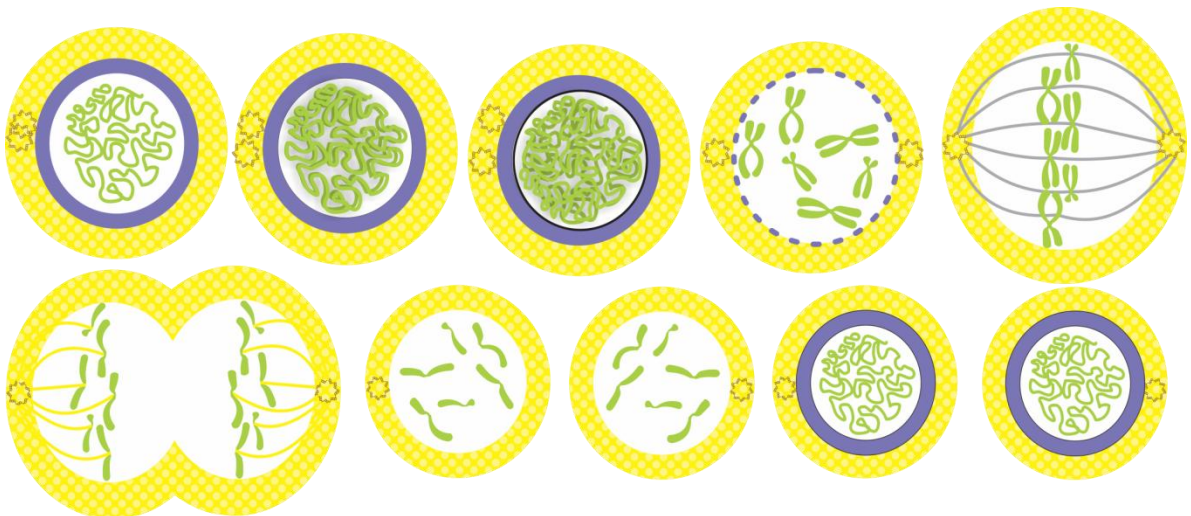
- ✚ Es la cuarta fase de la mitosis y abarca el 30% del tiempo total de la división celular
- ✚ Se da el reparto equitativo del material genético.
- ✚ Se da la formación de los dos nuevos núcleos (cariocinesis) con la misma información y carga genética de la célula parental.
- ✚ Después de la cariocinesis se concluye la telofase con la división del citoplasma (citocinesis para formar las dos células hijas resultantes del proceso mitótico).
- ✚ Posteriormente se vuelve a formar la membrana celular.
- ✚ Los cromosomas sencillos o cromátides se relajan o desenrollan permitiendo que su ADN tome nuevamente la forma de cromatina para poder repetir reiteradamente el ciclo celular.
- ✚ Donde antes había una célula ahora existen dos, más pequeñas, pero con exactamente la misma información genética. Estas células pueden luego diferenciarse en otras formas durante el desarrollo.

Figura 3-13. *Telofase.*



Finalmente el estudiante podrá observar todo el proceso mitótico a través de la última diapositiva de la presentación animada que incluye el Kit didáctico propuesto a través de este trabajo y la cual se mostrara en la figura 3-14.

Figura 3-14. *Proceso mitótico completo.*

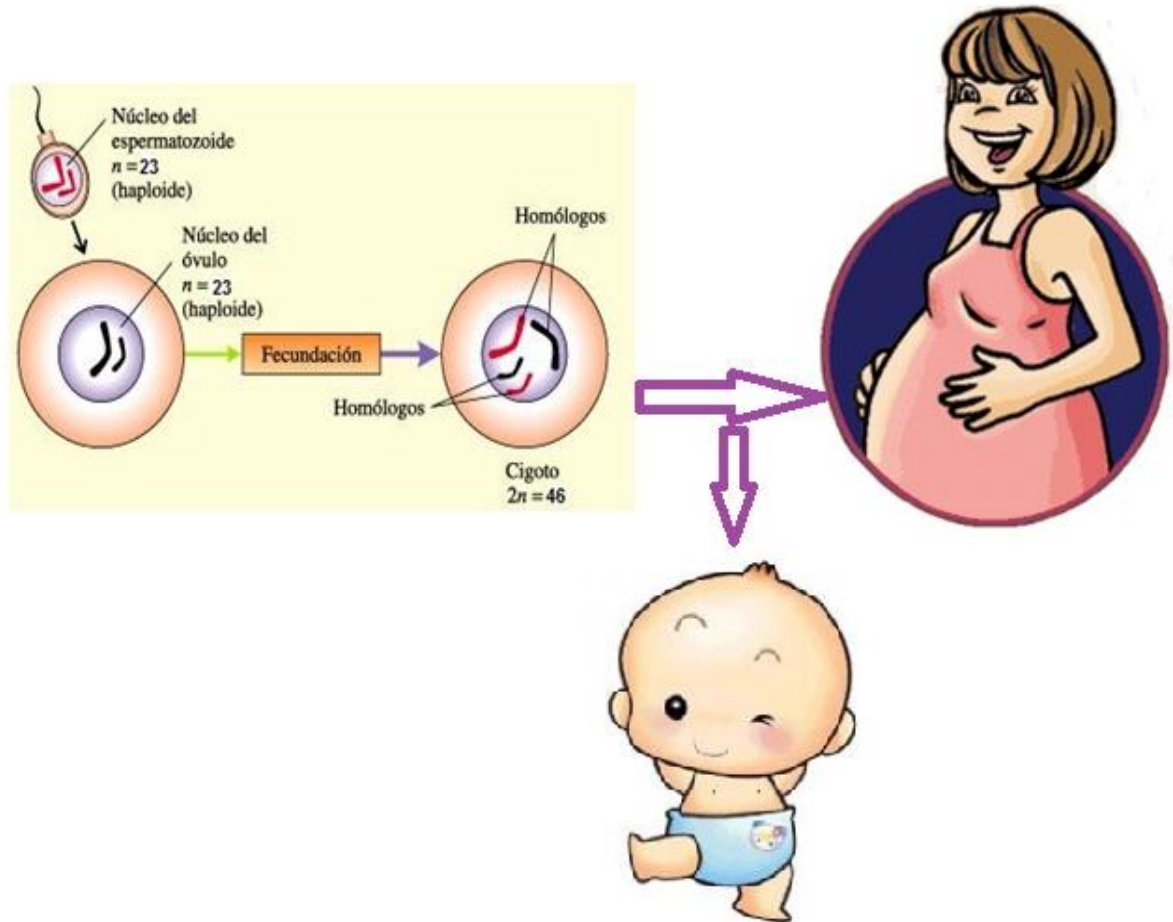


3.2 División celular en eucariotas MEIOSIS

Partiendo de la base de que todos los estudiantes ya tienen claro los tipos de células que hay, sus características y funciones dentro del organismo, se hace una pequeña explicación clara y concisa acerca del proceso de fecundación utilizando como ejemplo la especie humana; para la descripción de este suceso se destaca el contenido genético de: la especie humana, los gametos masculino y femenino y del cigoto que se forma como resultado de la unión entre los dos gametos opuestos, cabe aclarar que se considera pertinente escoger la especie humana como ejemplo ya que el estudiante se identificará e interesará por comprender e indagar más sobre el tema, esto con el fin de aterrizar en un proceso natural que permite la preservación de las especies, la importancia y finalidad que tiene el proceso Meiótico en la formación de células sexuales.

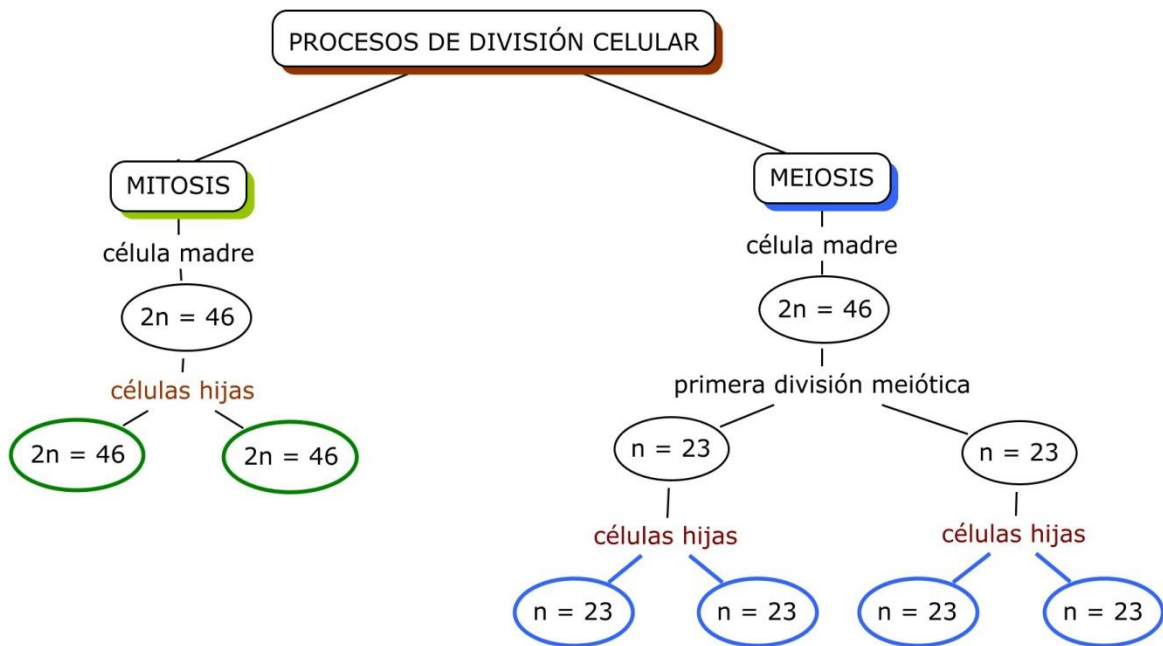
Una vez comprendida la diferencia entre células sexuales y somáticas se inicia la explicación de la meiosis como proceso de reproducción celular a través del cual se obtienen células haploides, por ejemplo, para la especie humana donde el contenido genético es igual a 46 o 23 pares de cromosomas, se tiene que finalizada la meiosis las células resultantes corresponderían a células sexuales con 23 cromosomas las cuales después de su maduración reciben el nombre de gametos masculinos (espermatozoides) y gametos femeninos (óvulos) que en el momento de la fecundación permitirán por su complementariedad genética la formación de una célula $2n$ con 23 pares de cromosomas correspondiente a un cigoto que después del periodo de gestación “embarazo” dará como resultado un nuevo ser de la especie en mención. Lo anteriormente descrito puede ser representado gráficamente por el docente como se muestra en la figura 3-15.

Figura 3-15. *Formación y función de gametos.*



Como ya se ha visto el proceso mitótico, entonces, se puede utilizar el esquema que se muestra en la figura 3-16 para dar una idea general de lo que sucede en los dos procesos de reproducción celular permitiendo que el estudiante identifique fácilmente algunas características puntuales de cada proceso al igual que algunas diferencias como son: la cantidad de células hijas resultantes, el contenido genético de las mismas, el grado de complejidad de cada proceso y los tipos de células que se originan. Planteando el ejemplo de dos células madre de la especie humana cuyo contenido genético es 46 o 23 pares de cromosomas donde una entra al proceso de mitosis y la otra entra al proceso de meiosis, este ejercicio lo puede hacer el docente utilizando ejemplos de otras células madre con diferente número de cromosomas.

Figura 3-16. Esquema mitosis vs Meiosis en especie humana.

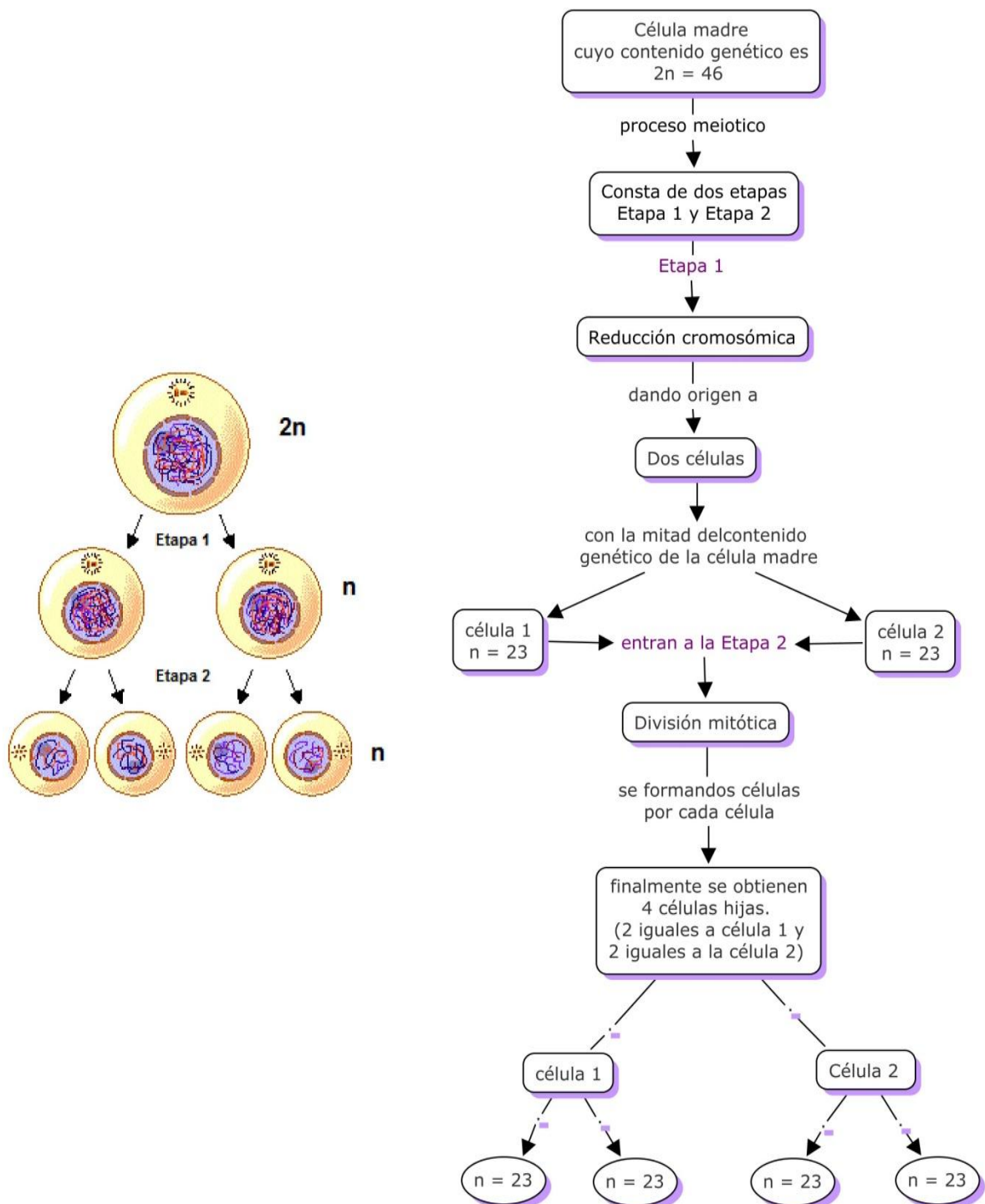


La meiosis es la división de una célula diploide en cuatro células haploides (células con una sola dotación cromosómica). Esta división celular se da en organismos pluricelulares en la producción de gametos. Para cumplir con el propósito de la meiosis, la célula debe pasar por una doble división, dos etapas consecutivas que reciben el nombre de primera y segunda división Meiótica o reducción cromosómica y mitosis respectivamente.

Durante la primera etapa como su nombre lo indica de una célula madre $2n$ (contenido cromosómico completo) se obtienen dos células con la mitad del contenido cromosómico n , es decir, se reduce a la mitad el número de cromosomas de la especie en conclusión de una célula parental con $2n$ cromosomas se obtienen n cromosomas. Posteriormente se da la segunda etapa o división mitótica donde se efectúa una mitosis común y corriente tal y como se vio anteriormente donde se inicia el proceso en las dos células resultantes de la primera etapa y se producen por cada una dos células iguales, es decir de dos células con n cromosomas se derivan cuatro células hijas también con n cromosomas pero ahora simples, es decir, con una sola cromátide; por lo tanto la meiosis es la división celular por la cual se obtiene 4 células hijas con la mitad de los juegos cromosómicos que tenía la célula madre pero que cuentan con información completa para todos los rasgos estructurales y funcionales del organismo al que pertenecen.

Hasta el momento se ha tratado la meiosis en términos generales con el objetivo de que se comprenda su finalidad y luego si especificar un poco más sobre cada fase. Para reafirmar lo anteriormente descrito se propone una representación gráfica como la del esquema que se muestra en la figura 3-17.

Figura 3-17. Esquema de la meiosis en especie humana.



FASES DE LA MEIOSIS

Etapa I (reducción cromosómica) consta de cuatro fases profase I, metafase I, anafase I y telofase I las cuales ocurren una vez se ha dado la interfase en la cual se da la preparación de la célula para entrar en división tal y como se explicó en mitosis con la diferencia de que en la subfase G2 se produce un nuevo tipo de histona la cual orienta la división de la célula hacia la meiosis y no hacia la mitosis.

En la Profase I, cada cromosoma se aparea con su homólogo, es decir se forman parejas de cromosomas uno de origen paterno (representado en adelante con color verde) y el otro de origen materno (representado con color marrón), puesto que para cada cromosoma con una longitud y una posición del centrómero determinado existe otro cromosoma con rasgos idénticos, además entre estas parejas de cromosomas existe una semejanza genética donde ambos codifican para un mismo carácter esto indica que cada miembro del par de homólogos lleva información genética para las mismas características del organismo.

La unión de estas parejas de cromosomas homólogos forman lo que se denomina una tétrada, es decir cuatro cromátides y dos centrómeros. Este apareamiento es exclusivo de la meiosis y es muy importante ya que las cromátides no hermanas, es decir paterna y materna, pueden entrecruzarse y romperse en los puntos de fusión “crossing over” dando lugar a un intercambio y recombinación de segmentos cromatídicos y por lo tanto de los genes localizados en ellos. Lo anteriormente descrito se da gracias a los procedimientos efectuados en las cinco subfases que componen esta fase de la meiosis las cuales reciben el nombre de leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno y diacinesis cuya explicación detallada supera los propósitos u objetivos estructurados para el grado séptimo por lo tanto, se propone explicar de manera muy general lo que sucede al cabo de estas cinco subfases que componen a la profase I.

Manteniendo la metodología de la mitosis se destacan a continuación las características más importantes y que pueden describir en términos generales lo que sucede en la profase I y que puede ser representado gráficamente como se muestra en la figura 3-18.

- ✚ Con esta fase se da inicio a la primera etapa de la meiosis correspondiente a la reducción cromosómica.
- ✚ La profase I consta de cinco subfases las cuales son leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno y diacinesis

- ✚ La membrana nuclear empieza su proceso de degradación, desapareciendo progresivamente.
- ✚ Los centriolos se ubican cada uno en los polos opuestos de la célula denominados polos celulares.
- ✚ Durante la profase I los cromosomas ya se hacen visibles, es decir el ADN que antes estaba en forma de cromatina ahora esta organizado y empaquetado formando una nueva estructura llamada cromosoma.
- ✚ Los cromosomas se ubican por parejas formando los llamados cromosomas homólogos uno procedente de cada progenitor durante el proceso de fecundación.
- ✚ Una vez organizados los cromosomas homólogos en el núcleo celular se habla de la formación de tétradas (termino que hace referencia a las cuatro cromátides de los dos cromosomas formando la pareja de homólogos).
- ✚ Gracias a la formación de tétradas se dan puntos de intersección entre los cromosomas homólogos(uno de origen paterno y otro de origen materno en donde se intercambia información genética garantizando la variabilidad genética. Se destaca esta parte es lo esencia de esta fase; muéstrelo gráficamente. Señale como los cromosomas homólogos no son iguales (puesto que uno es paterno y el otro es materno) los cuales Codifican para los mismos genes pero pueden presentar variación, para genes particulares (alelos diferentes).
- ✚ Durante las cinco subfases de la profase I ocurren procesos de recombinación genética entre los cromosomas homólogos (paterno y materno), de tal manera que se generan cromosomas con segmentos paternos y maternos. Esto contribuye a “barajar” (como si fuera un juego de naipes) la información genética que van a contener los gametos al final.
- ✚ El proceso de recombinación genética se debe indicar claramente, señalando su función; aunque no se expliquen los mecanismos a nivel molecular. La forma de señalarlo es mediante gráficas que muestren en colores diferentes los cromosomas maternos y paternos y, luego de la recombinación, los nuevos cromosomas mezclados.
- ✚ Al final de la profase I los cromosomas homólogos han sufrido una modificación en cuanto a la información genética con la que iniciaron el proceso de meiosis, ahora se dio una mezcla de información parental; esta parte explica el porque si somos hijos de un mismo padre y una misma madre somos diferentes entre hermanos; aunque cabe aclarar que aún sin crossing over, los hermanos serían diferentes, porque incluso sin recombinación existiría una mezcla de cromosomas paternos y maternos en los gametos resultantes.

En la imagen 1 de la figura 3-18 se muestra “didácticamente” que el intercambio de material genético se da por intercambio de brazos de cromosomas con el fin de mantener la mayor coherencia posible con las fichas del Kit didáctico; pero es importante que el docente aclare que el intercambio ocurre al azar en cualquier punto del brazo del cromosoma, y en el punto homólogo del cromosoma homólogo; tal y como se representa en la imagen 2 de la figura 3-18

Figura 3-18. Profase I

Imagen 1

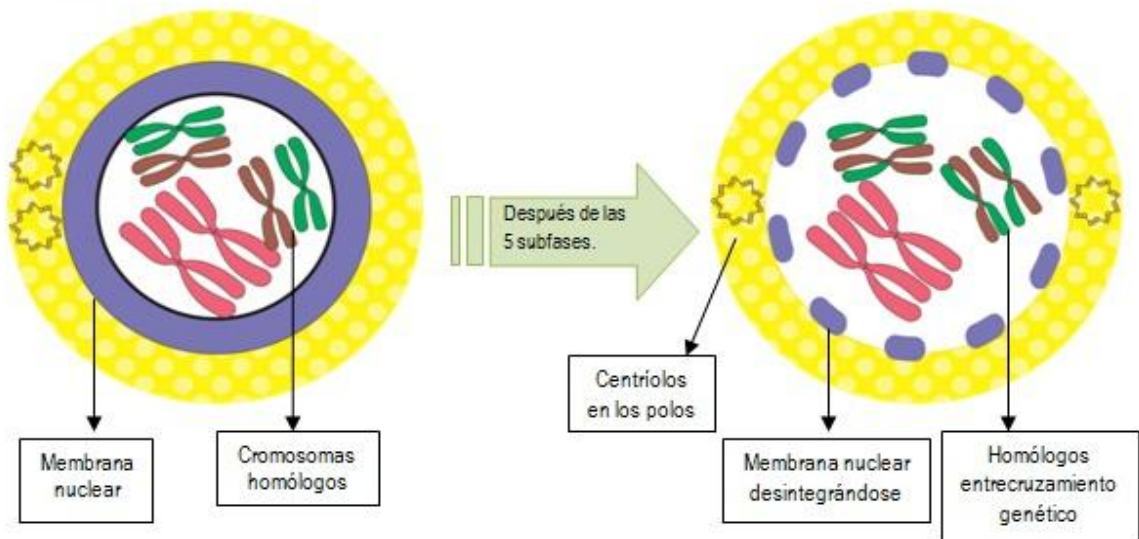
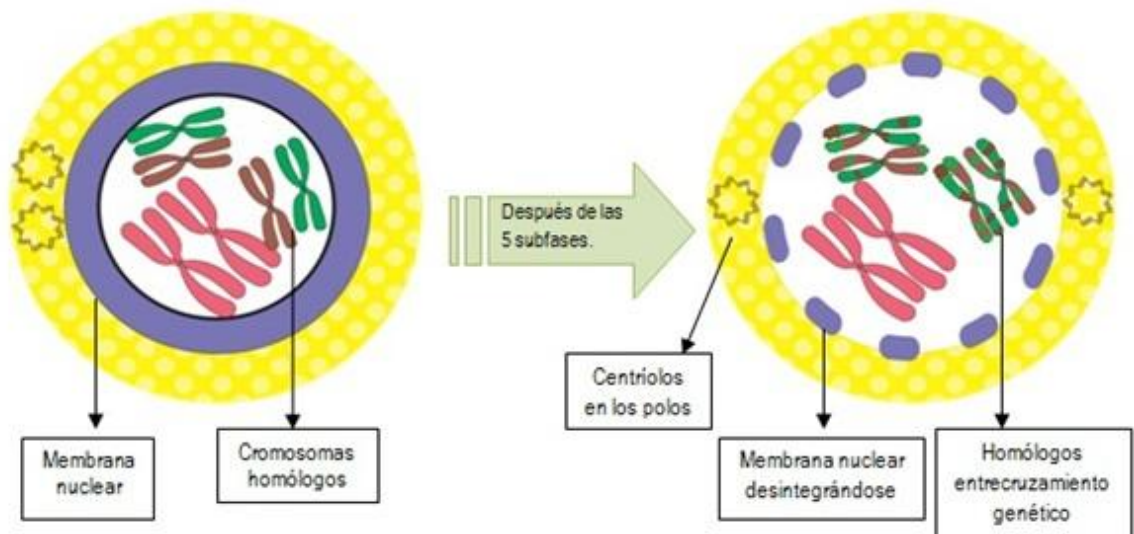


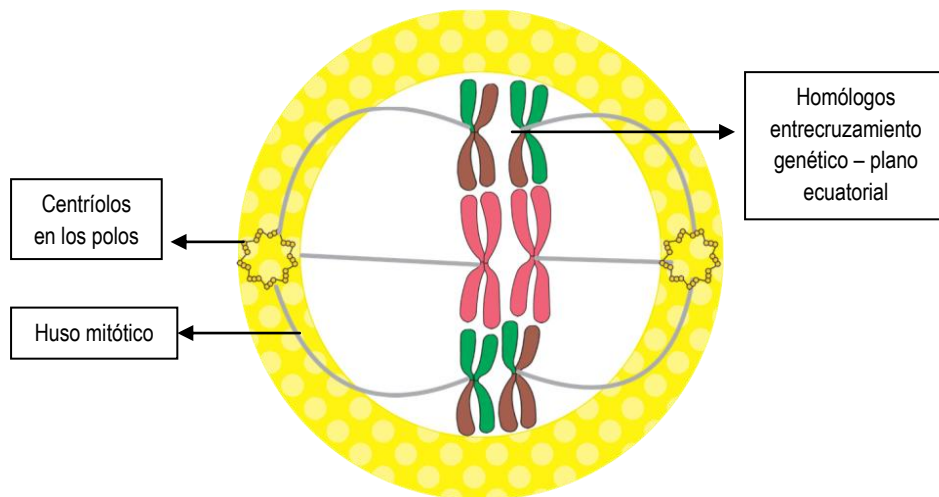
Imagen 2



La segunda fase de esta etapa es la Metafase I. Durante la metafase I los bivalentes cromosomas se ubican en el plano ecuatorial listos para ser separados. Las siguientes características pueden ser oportunas para describir lo que se da en esta fase utilizando como apoyo visual la figura 3-19.

- ✚ La metafase es la segunda fase de la primera etapa de la meiosis.
- ✚ Los cromosomas homólogos que ya han experimentado el intercambio genético durante la profase I se ubican en esas mismas parejas en el plano ecuatorial.
- ✚ Una vez ubicados los cromosomas homólogos en el plano ecuatorial se forman las fibras del huso anclándose en el cinetócoro del centrómero de cada cromosoma parental quedando unidos los cromosomas al centriolo más cercano y que en cuya dirección esta.

Figura 3-19. *Metafase I.*

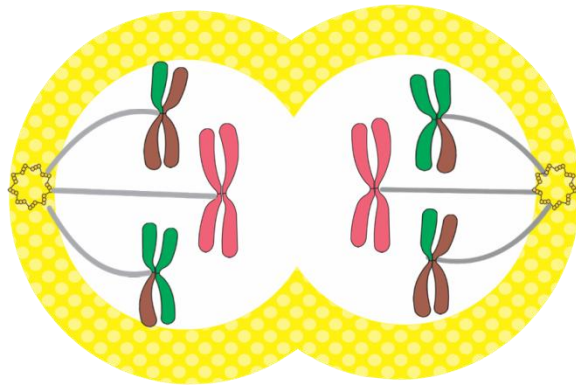


Posteriormente se inicia la Anafase I donde ocurre la separación de las parejas de cromosomas homólogos hacia los polos, debido a la atracción que ejercen los centriolos por la contracción de las hebras del huso mitótico, proceso muy similar a lo que se da en la anafase de la mitosis solo que con las siguientes particularidades: reflejadas en la figura 3-20

- ✚ Lo que cada fibra del huso acromático se lleva hacia el polo respectivo no son cromátides sino cromosomas completos constituidos por dos cromátides.

- ✚ Debido al intercambio genético de segmentos entre las cromátides de cada pareja homóloga durante la profase I, ahora ninguna de las dos cromátides hermanas que constituían cada cromosoma conserva su naturaleza inicial y ambas cromátides difieren la una de la otra (ya no podemos hablar de cromosomas paterno y materno).

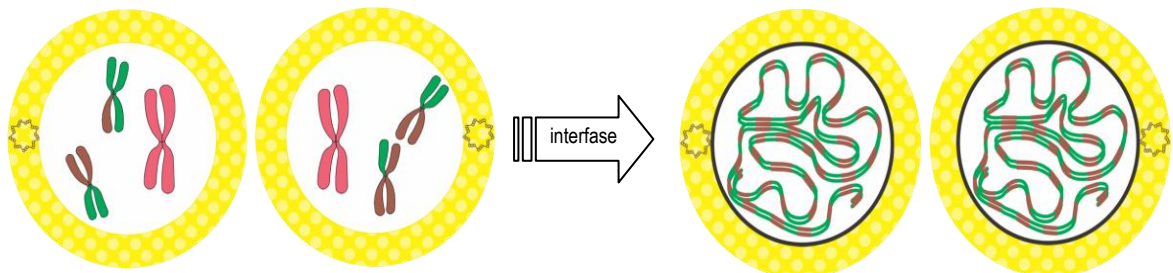
Figura 3-20. *Anafase I.*



Cuando la célula toma una forma similar a la representada en la figura 3-20 se inicia la cuarta fase de la primera etapa de la meiosis, es decir, la telofase I donde se culmina la separación de las dos células hijas resultantes de la reducción cromosómica.

- ✚ Al finalizar la telofase I se tienen dos células hijas cada una con la mitad del contenido genético de su célula progenitora por ejemplo según la secuencia de imágenes se inicio el proceso con una célula que tenía $2n=6$ y ahora se tienen dos células con $n=3$.
- ✚ Los cromosomas sencillos empiezan a ser rodeados por la membrana nuclear que empieza a reconstruirse. Esto junto con las anteriores características se observan en la figura 3-21.

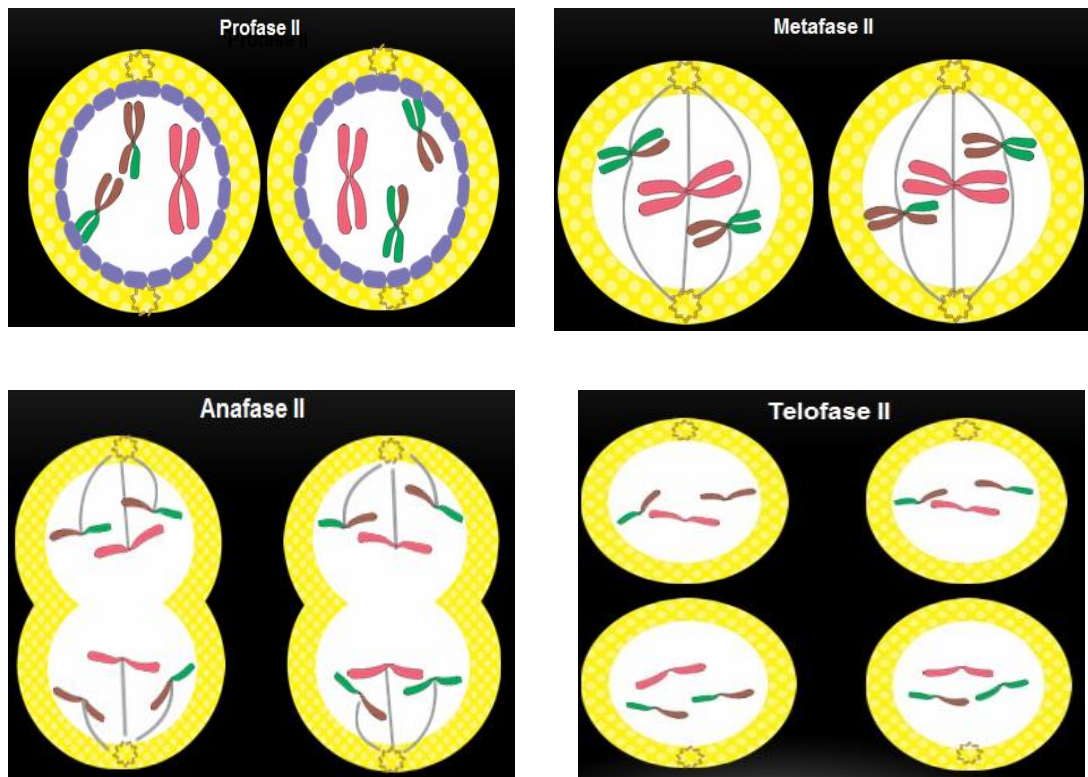
Figura 3-21. *Telofase I.*



Segunda división Meiótica

Después de la telofase I se da una corta interfase (sin fase S), seguida por las mismas cuatro fases ahora nombradas profase II, metafase II, anafase II y telofase II (correspondientes a la etapa II); recordando el nombre de esta segunda etapa se puede concluir que lo que se va a dar es una mitosis completamente normal, figura 3-22 con el fin de obtener de cada uno de las células resultantes de la etapa I dos células hijas con la mitad del contenido genético pero también con la mitad de cromátides, por lo tanto al final de la etapa II de la meiosis se obtendrán cuatro células hijas cada una con la mitad del contenido genético de su célula parental (inicial) y con un contenido en ADN igual a uno, es decir, una sola cromátide que por el proceso de recombinación genética serán en las cuatro células resultantes totalmente diferentes, en cuanto a los caracteres que serán heredados a través de los gametos y la fecundación a los hijos, tanto en los rasgos genotípicos como en la definición de género, femenino (XX) o masculino (XY).

Figura 3-22. *Etapa dos de la meiosis.*



Con lo anteriormente descrito culmina la meiosis representando gráficamente todo su proceso a través de las figuras 3-23 y 3-25. También se le puede mostrar al estudiante que las células hijas de la meiosis formaran los gametos femeninos óvulos (uno) resaltando que solo 1 de los 4 productos es viable pues acapara la mayor parte del citoplasma, los otros tres son cuerpos polares y masculinos espermatozoides (cuatro) por que los cuatro productos resultantes son viables tal y como se muestra en las figuras 3-24 y 3-26 respectivamente.

Figura 3-23. *Meiosis en género femenino.*

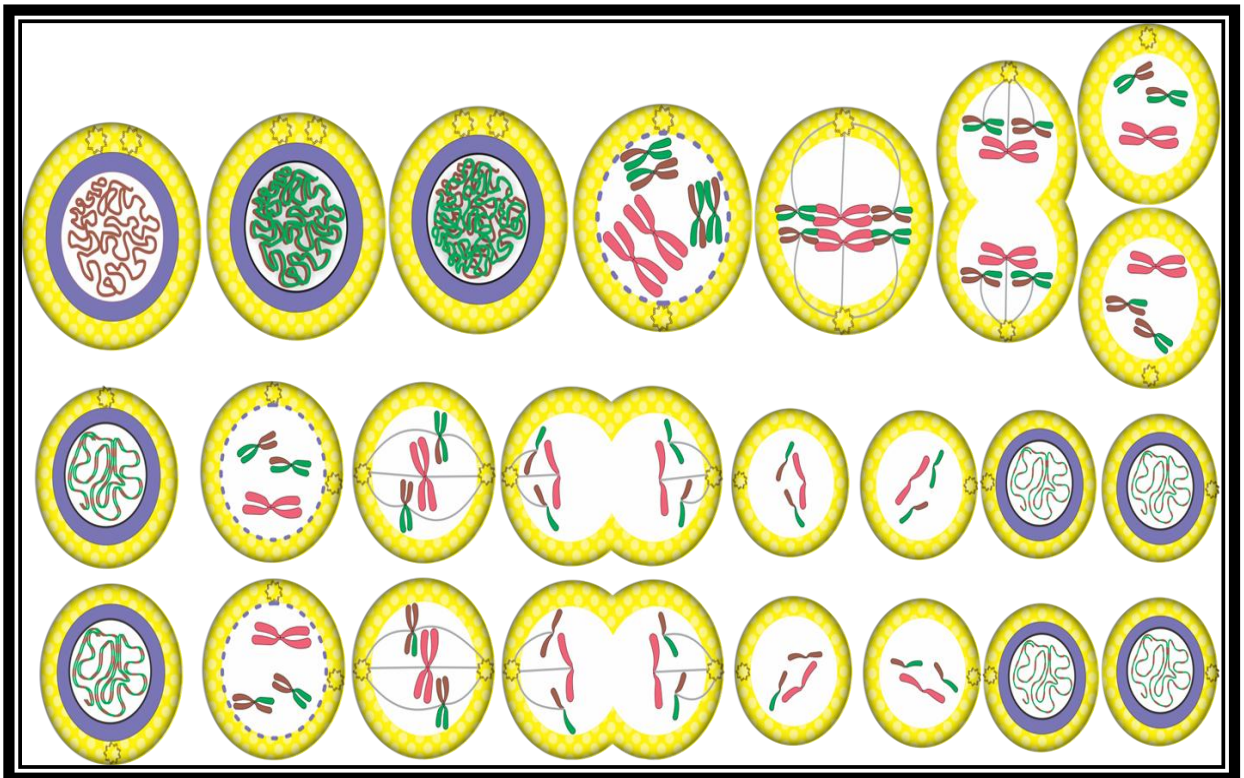


Figura 3-24. Esquema de la ovogénesis.

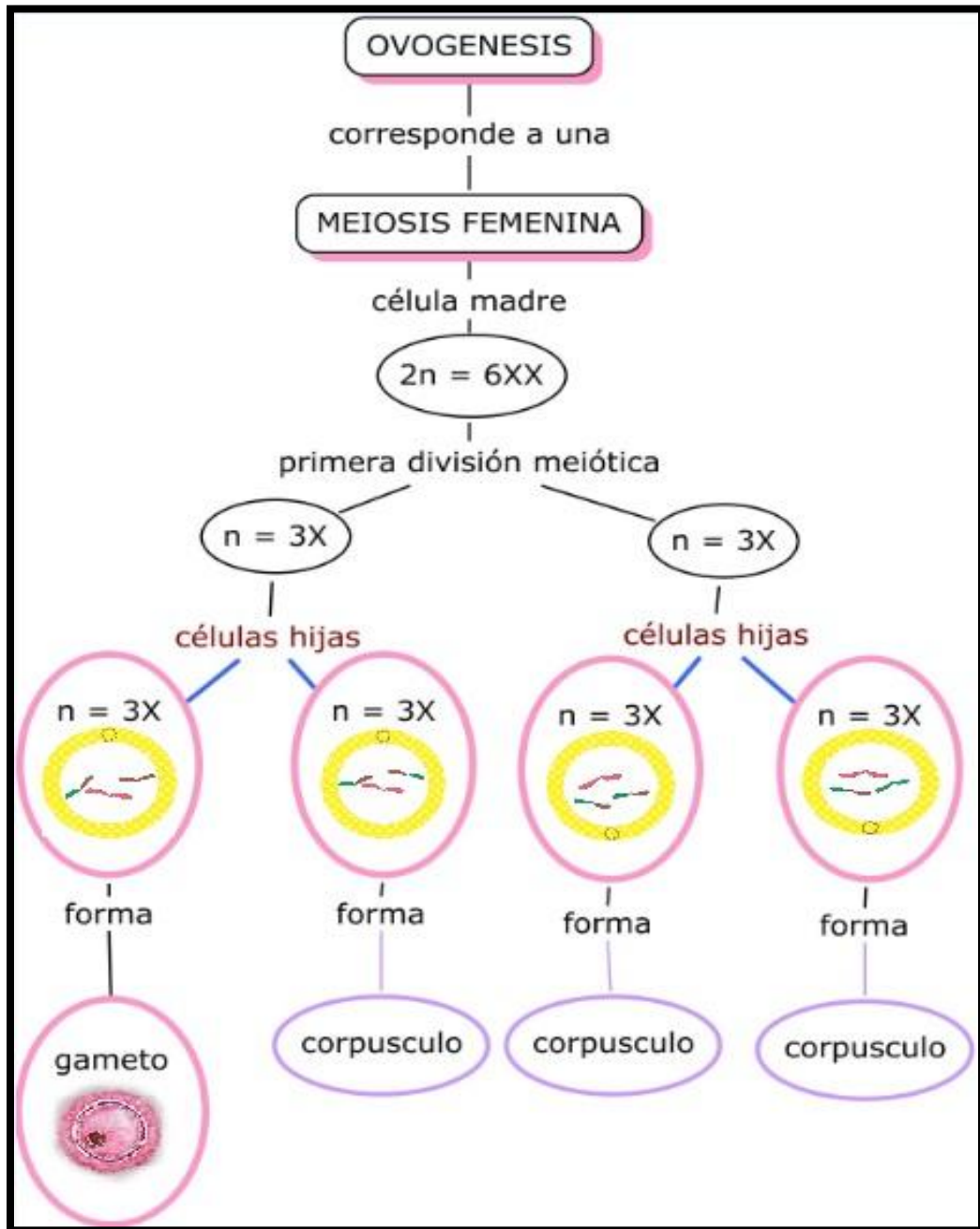


Figura 3-25. Meiosis en género masculino.

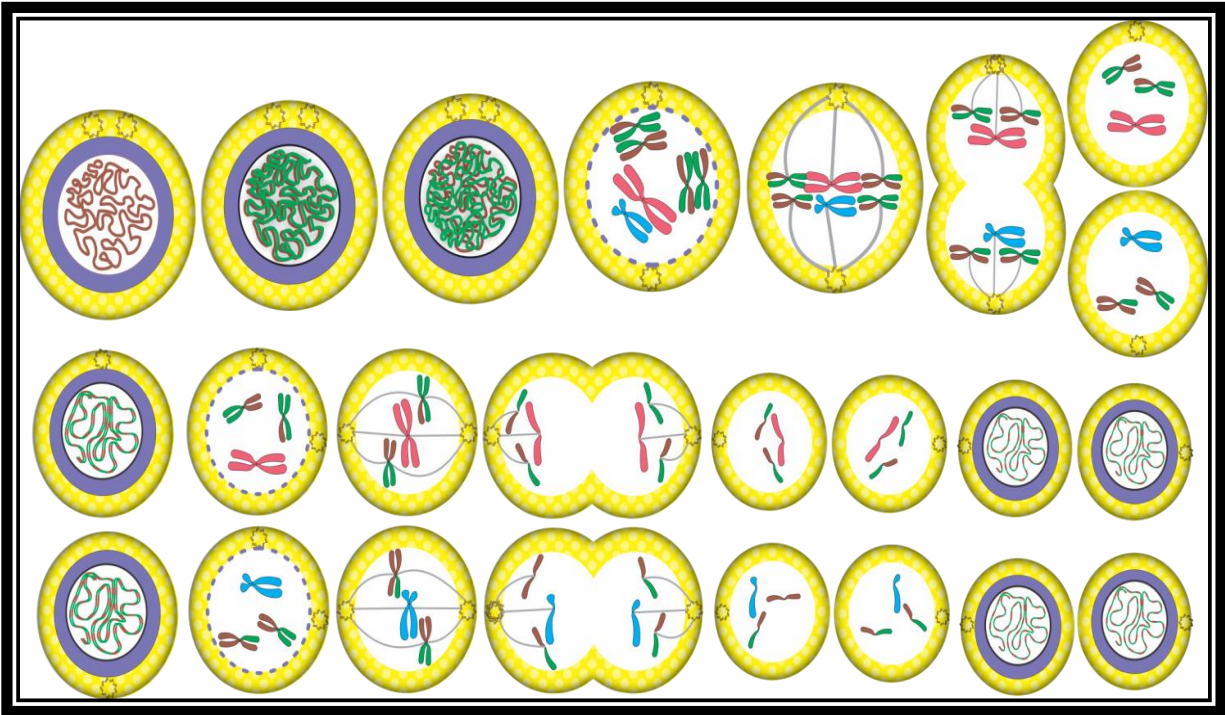
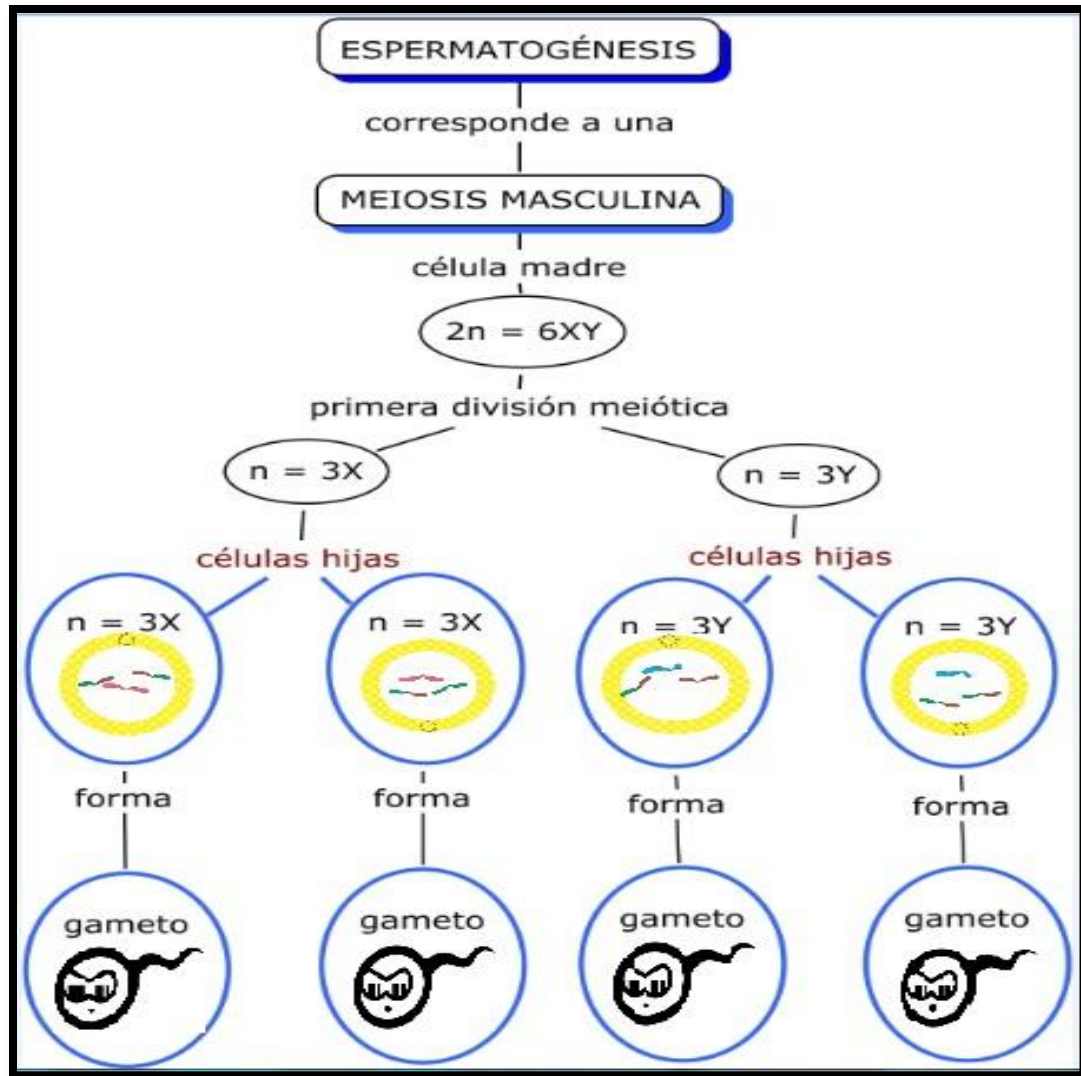


Figura 3-26. Esquema de la espermatogénesis.



Para finalizar este capítulo se aclara que todas las imágenes de una de las cada fases tanto de la mitosis como de meiosis incluida la interfase, son creaciones propias del autor y que son las misma imágenes que el docente podrá encontrar en las presentaciones animadas con las que viene el Kit didáctico.

4. Metodología y resultados

Teniendo como base toda la parte de revisión bibliográfica descrita en el capítulo 1, al igual que la experiencia propia en cuanto a la enseñanza – aprendizaje de la reproducción celular en estudiantes de secundaria, surge la idea de proponer una ayuda didáctica diferente, innovadora, lúdica y práctica que facilite este proceso educativo.

Como se mencionó anteriormente la idea de esta propuesta didáctica surge como reflexión de un ejercicio de aplicación que se ha trabajado con los estudiantes de grado séptimo del Colegio Inmaculado Corazón de María – Misioneras Claretianas, durante dos años consecutivos mostrando unas conclusiones bastante interesantes que incentivaron a la planeación y construcción del KIT DIDACTICO para facilitar la enseñanza – aprendizaje de la reproducción celular en estudiantes de secundaria.

A continuación se hace una breve descripción del ejercicio de aplicación que motivo este trabajo.

1. Se inicia proponiendo a los estudiantes un trabajo de consulta basado en el desarrollo del modulo institucional, acerca de la reproducción celular.
2. Explicación por parte de la docente. (Se hace todo el proceso mitótico para una célula madre con $2n = 2$, mencionando al final el tipo de células resultantes según las características que presentan).
3. Ejercicio individual de aplicación con cuaderno y modulo abierto (valorado como evaluación) utilizando plastilina, marcadores, colbón y una tabla. Donde se le pide al estudiante que realice el proceso mitótico para una célula epitelial de una especie nueva de ratón que tiene un contenido genético de $2n = 6$. y que diga cuántas células hijas se forman, qué tipo de células son y cuál es su contenido genético.
4. Se devuelven los trabajos ya calificados y por grupos de tres personas se analizan los resultados de cada uno, concluyendo cuales fueron las fallas y porque las notas tan bajas... (perdida de 27 estudiantes de 30 que son en 701 y en 702, 24 de 31).
5. Socialización de las conclusiones con el fin de aclarar cual o cuales fueron las dificultades que tuvieron y lo positivo del ejercicio, esta síntesis se muestra en la Tabla 4-1.

Tabla 4-1. Síntesis ejercicio de aplicación.

Cuáles fueron los motivos de tan alto índice de perdida en el ejercicio de mitosis en plastilina? Tanto en 701 como en 702	Aspectos positivos del ejercicio
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Porque no analizamos bien el problema, no lo leímos bien. ❖ Porque cuando decía $2n=6$ pues no nos acordamos de la explicación que cuando decía $2n=X$ (X son la cantidad de cromosomas). ❖ No analizamos bien el ejercicio ya que decía $2n=6$ y nosotros seguimos el ejemplo de la profesora $2n=2$; nosotros colocamos 2 cromosomas en cada fase de la mitosis. ❖ Por la falta de tiempo y la dificultad de uso del material (plastilina). ❖ La razón porque nos sacamos mala nota fue por no analizar bien el ejercicio planteado, porque teníamos poco tiempo, porque estábamos trabajando con plastilina y porque nos guiamos más del ejemplo del cuaderno que del problema y no nos preparamos bien para la actividad. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Las preguntas fueron muy fundamentales. ❖ Fue creativa la forma de evaluar. ❖ Nos enseña de mejor manera. ❖ La actividad fue muy divertida y creativa porque en ninguna otra área hacemos cosas así. ❖ Nos da una ayuda. ❖ Es mejor porque al ser creativa nos ayuda a entender mejor.

4.1 Finalidad de la propuesta didáctica

Tomando como inspiración la reflexión del ejercicio anterior surge la idea de proponer una estrategia metodológica la cual consiste en la implementación de una ayuda didáctica titulada KIT DIDÁCTICO DE LA REPRODUCCIÓN CELULAR que consta de dos partes, figura 4-1, la primera son unas presentaciones animadas que muestran claramente las características propias de cada fase del ciclo celular de manera clara y visualmente llamativa; complementada por la segunda parte que es el uso de un Kit didáctico, que funciona como un juego de mesa o arnotodo, donde el estudiante podrá tener la oportunidad de aplicar lo explicado, a través, de las presentaciones por medio del uso de las fichas del Kit didáctico con las cuales tendrá la facilidad de realizar todo el proceso Mitótico o Meiótico, según las especificaciones dadas por el docente afianzando de esta manera con la práctica su aprendizaje.

Con el uso del Kit didáctico de la reproducción celular se pretende atraer la atención del estudiante, estimulando sus sentidos a través del uso de colores llamativos, texturas propias de cada parte celular implicada y resaltada con mayor énfasis en la reproducción celular, como son la membrana plasmática, membrana nuclear, centriolos, cromatina, huso mitótico y cromosomas. Los cuales el estudiante tendrá la oportunidad de observar, manipular, palpar, sentir, percibir, reconocer, identificar y reconstruir, utilizando sus sentidos; de tal forma que sus canales sensoriales a nivel auditivo, visual, táctil y kinestésico se abrirán inconscientemente facilitando la apropiación de términos, conceptos y procesos que según la inteligencia sentiente planteada por la educación de los sentidos desde el pensamiento de Xavier Zubiri (Antolínez, 2009), permiten comprender y retener con mayor significatividad cualquier temática.

4.2 Cómo usar el Kit didáctico de la reproducción celular.

Para el docente que vaya a implementar El Kit didáctico de la reproducción celular se le recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Indagar en el estudiante con la ayuda de preguntas sencillas qué tanto sabe acerca de la célula y su clasificación esto con el fin de unificar criterios que son básicos para la comprensión del tema.
2. Proponer una actividad de consulta acerca de las características generales de la mitosis y la meiosis al igual que del ciclo celular.
3. Socializar la consulta.
4. Aplicar el Kit didáctico iniciando por la presentación animada de la mitosis, la cual se presta para que el docente explique claramente lo que sucede en cada fase y una vez finalizada se vuelve a retomar; pero ahora solicitando al estudiante que imite o construya con las fichas del Kit, lo que se ve en cada fase de la mitosis a través de la presentación. Esto se le facilitará al estudiante ya que los detalles en cuanto formas colores y texturas de las partes celulares presentes en el proceso de reproducción tanto en la mitosis como en la meiosis son muy similares a las que se muestran en la presentación animada, figura 4-2.
5. Proponer dos ejercicios uno para practicar y otro para evaluar. Para esta parte se aclara que el Kit viene con tres pares de cromosomas brindándole la posibilidad al docente de explicar el proceso con los tres pares, tal y como esta en la

presentación y luego puede proponer a sus estudiantes que armen todo el proceso; pero con uno o dos pares de cromosomas y de esta manera puede realizar dos cosas la primera permitirles que practiquen y la segunda evaluar el tema de una forma diferente, creativa, práctica y atractiva bajando los niveles de estrés propios en la mayoría de estudiantes al ser evaluados.

6. Ahora que ya se ha visto el proceso “más sencillo” se puede abordar el tema de la meiosis puntualizando en sus características generales en cuanto a las dos etapas que tiene y el tipo de células hijas que forma.

7. Después de la aclaración anterior el docente podrá iniciar su explicación apoyándose en la proyección de la presentación animada de la meiosis, en la que encontrara de manera clara y detallada la forma de hacer observable las características propias de cada fase y subfases si las tienen, como en el caso de la profase I. En cuanto a la presentación de la meiosis el docente encontrara el proceso tanto para el género femenino como para el masculino; pero la animación detallada de las características propias de cada fase solamente se muestran en la del género femenino, con el fin de que al ser utilizada esta presentación el facilitador TENGA DOS ALTERNATIVAS, la primera es explicar todo el proceso con la meiosis del género femenino y la segunda es ir evaluando que tan claro quedo el tema para los estudiantes ya que al iniciar el proceso en el género masculino, le puede dar un clic y saldrá el nombre de la fase cuestionando a los muchachos acerca de cómo creen que debería ser la imagen representativa de esa fase, para que posteriormente con otro clic, les pueda mostrar en la pantalla la imagen correcta permitiendo que comparen y descubran ellos mismos si hubo o no algún error. Esto puede ser trabajado ya que la diferencia entre los procesos meioticos en los dos géneros radicara únicamente en un cromosoma sexual.

8. También al comparar los dos procesos finales de la meiosis en lo dos géneros se pueden dar algunas respuestas o daticos de interés a nivel genético que serán atractivos y emocionantes de comprender como por ejemplo:
 - ✓ Por qué es el hombre quien define el sexo del bebe?
 - ✓ Por qué algunas enfermedades o características se heredan a través del cromosoma X ó herencia ligada al sexo?
 - ✓ Cómo se forma un niño y cómo se forma una niña?
 - ✓ Porque dos o más hermanos así sean hijos de la misma pareja de progenitores son diferentes?
 - ✓ Por qué el cromosoma “Y” define que el embrión sea un macho y no una hembra?

9. Como refuerzo y también como ejercicio evaluativo el docente puede plantear un ejercicio donde le solicite al estudiante realizar completa o parcialmente el proceso Meiótico para una célula madre con $2n = 4$.

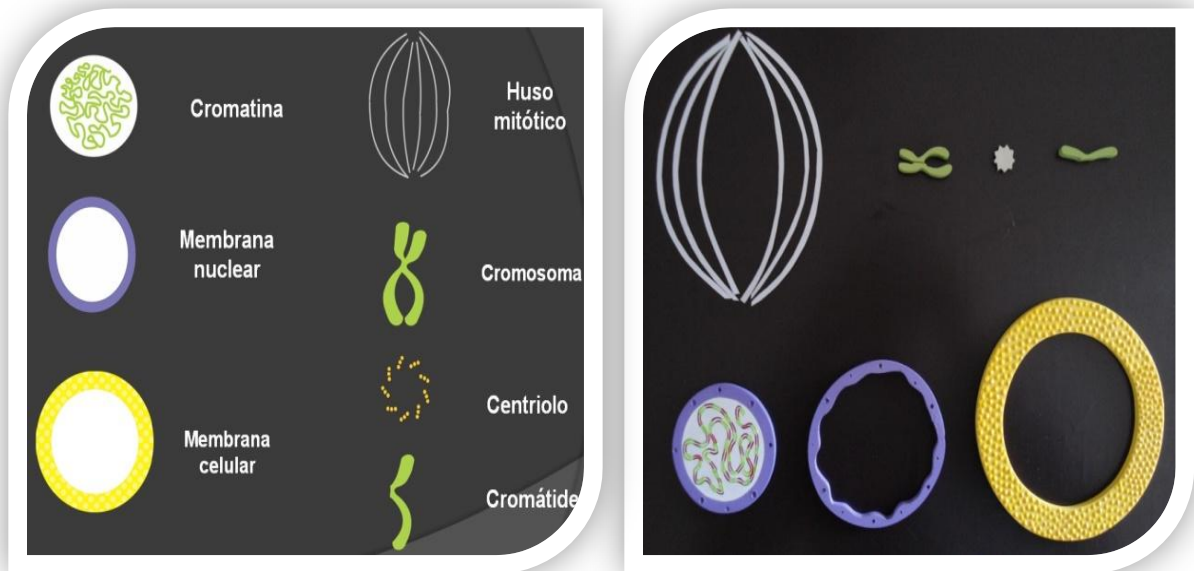
10. Finalmente invitar a los estudiantes a que realicen actividades como por ejemplo un cuadro comparativo entre la mitosis y la meiosis destacando las características más relevantes y descriptivas de los dos procesos.

Figura 4-1. Componentes del KIT DIDACTICO.





Figura 4-2. Similitud entre las partes de la célula en la presentación y las fichas del Kit.



4.3 Diseño y elaboración del Kit didáctico de la reproducción celular.

Es importante destacar como fue el proceso de diseño y elaboración del Kit didáctico ya que es un proyecto que ha sido muy bien planeado, estructurado y elaborado, con el fin de que cumpla a cabalidad con los objetivos de la propuesta didáctica en cuanto a facilitar el proceso de enseñanza – aprendizaje en el tema de la reproducción celular.

En primer lugar se hizo el bosquejo del proyecto didáctico, con las especificaciones de tamaño, partes y número de piezas necesarias.

Posteriormente con el uso del programa Coreldraw Graphics Suit X4 se hizo cada parte implicada en el proceso de reproducción celular ya que la idea es tener un diseño totalmente exclusivo y propio que tenga las características necesarias, para que el estudiante comprenda con facilidad los fenómenos que se dan y que identifique por su forma, textura y color los orgánulos más representativos de la división celular como son: la membrana celular, la membrana nuclear, los centriolos, el huso mitótico, la cromatina y los cromosomas, figura 4-2.

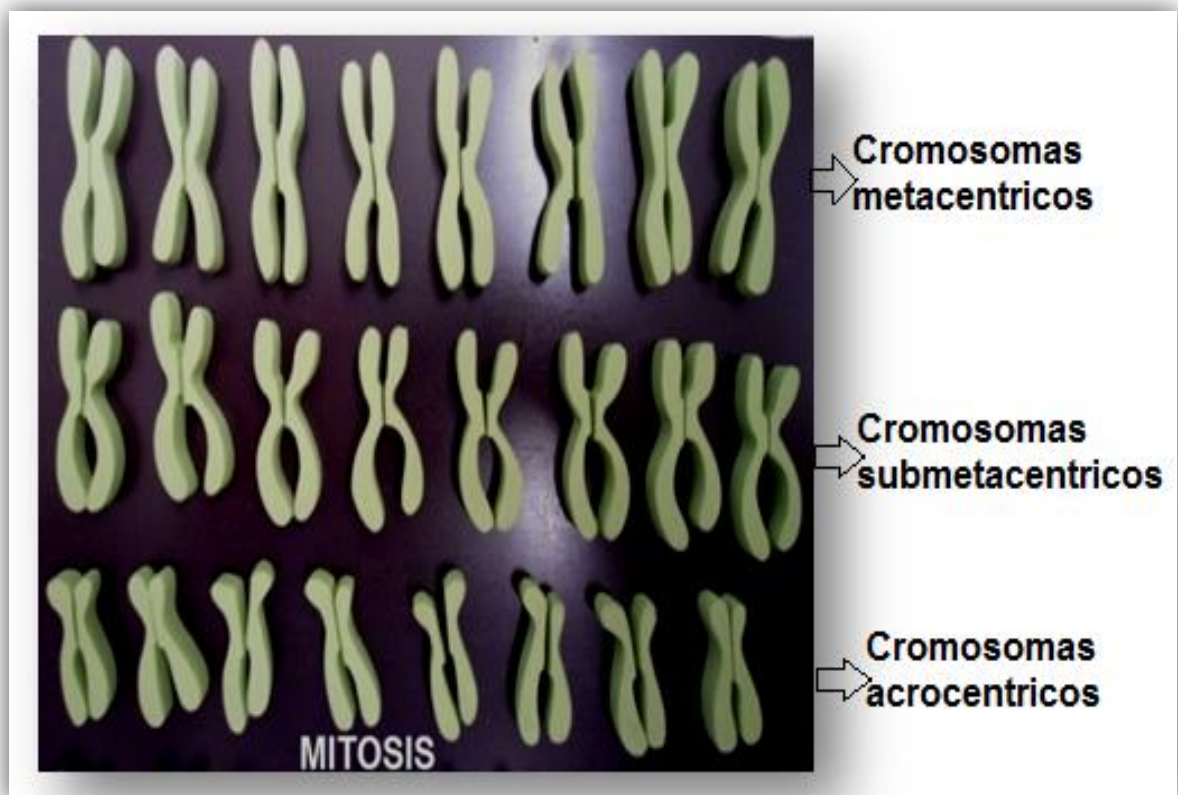
En cuanto a los cromosomas se hace una observación y es que por estrategia metodológica, para evitar confusiones y reafirmar conceptos se clasifican con color verde claro todos los que se pueden utilizar para la mitosis ya que estos tienen la posibilidad de ser separados por la mitad dejando cada cromátide independiente y también en este grupo de cromosomas el docente podrá mostrarle al estudiante los tipos de cromosomas que hay según la ubicación del centrómero; el aprendiz podrá manipular cada cromosoma y de esta manera relacionar forma y concepto, figura 4-3.

Continuando con la descripción de los cromosomas, en el diseño se hicieron otros dos grupos destinados para la meiosis los primeros todos de tipo metacéntrico; pero con la particularidad de que unos están de color verde y otros de color marrón con el objetivo de representar la información genética heredada por los dos progenitores, es decir, los cromosomas autosómicos que posteriormente deben mostrar durante la profase I, QUE SE RECOMBINAN propiciando la variabilidad genética presente en la reproducción sexual, esta posibilidad se da gracias a que este grupo de cromosomas además de que se separan por la mitad dejando libres cada cromátide también se les puede mover los dos brazos P Y Q. Por otra parte pensando en las características de la meiosis se hizo el segundo grupo de cromosomas unos de color azul y otros color frambuesa con los cuales

se representan los cromosomas de tipo alosómicos o sexuales(X y Y) con la particularidad de que se pueden separar por la mitad dejando independiente cada cromátide. Figura 4-3.

El diseño de cada orgánulo por separado permitió la unificación de tamaños para que las piezas encajaran perfectamente en un espacio de 78 x 40 cm, medida que se tuvo en cuenta para la elaboración física del proyecto didáctico iniciando por el tablero magnético donde el estudiante podrá armar todo el proceso mitótico ó meiótico, figura 4-4. La caja o maletín donde va todo el Kit didáctico de la reproducción celular la cual fue hecha en MDF de 9mm con una tapa de 6mm, el tablero donde va la lámina magnética de 1mm se hizo en el mismo material pero de 3mm al igual que los centriolos, las membranas y cromosomas también en MDF de 6mm y por último la cinta magnética utilizada para los cromosomas fue de 2mm la cual tiene más capacidad de adhesión.

Figura 4-3. *Cromosomas - mitosis y meiosis.*



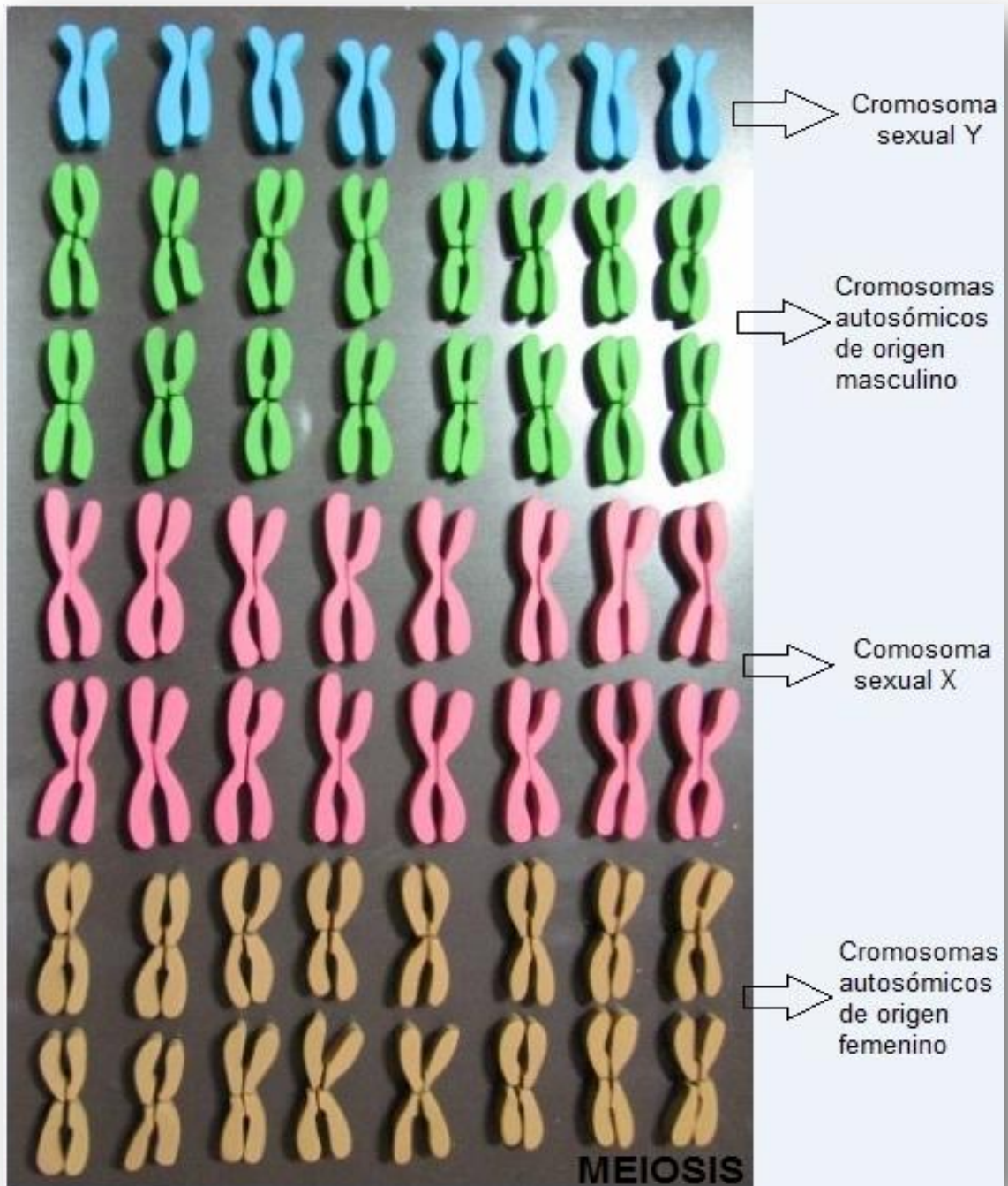
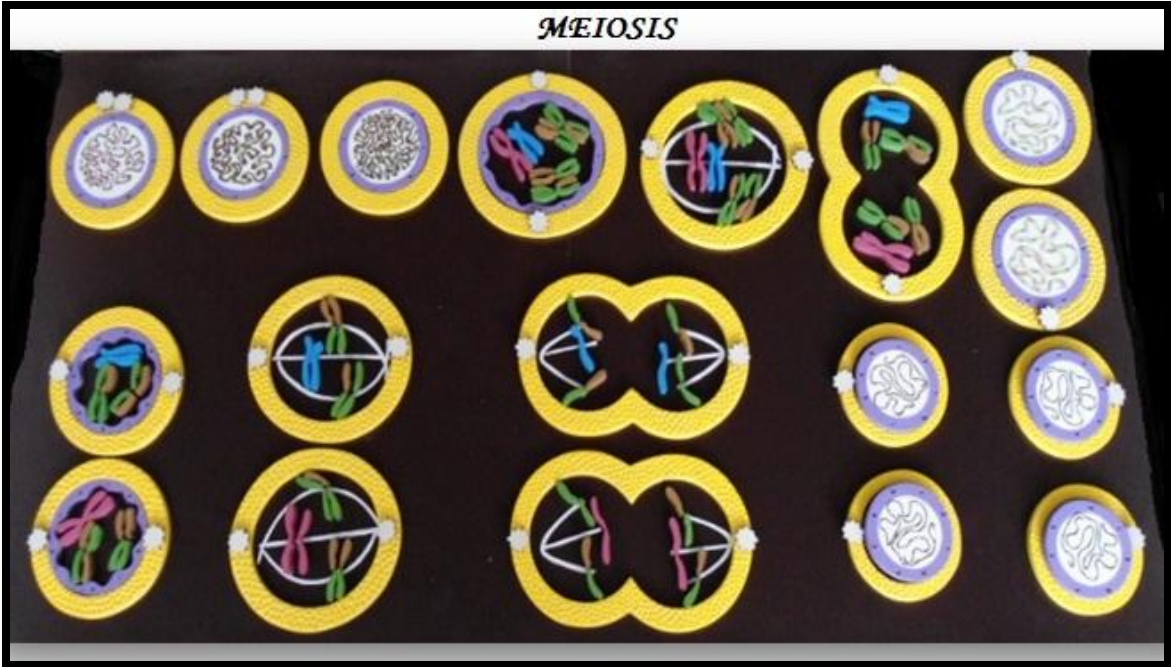
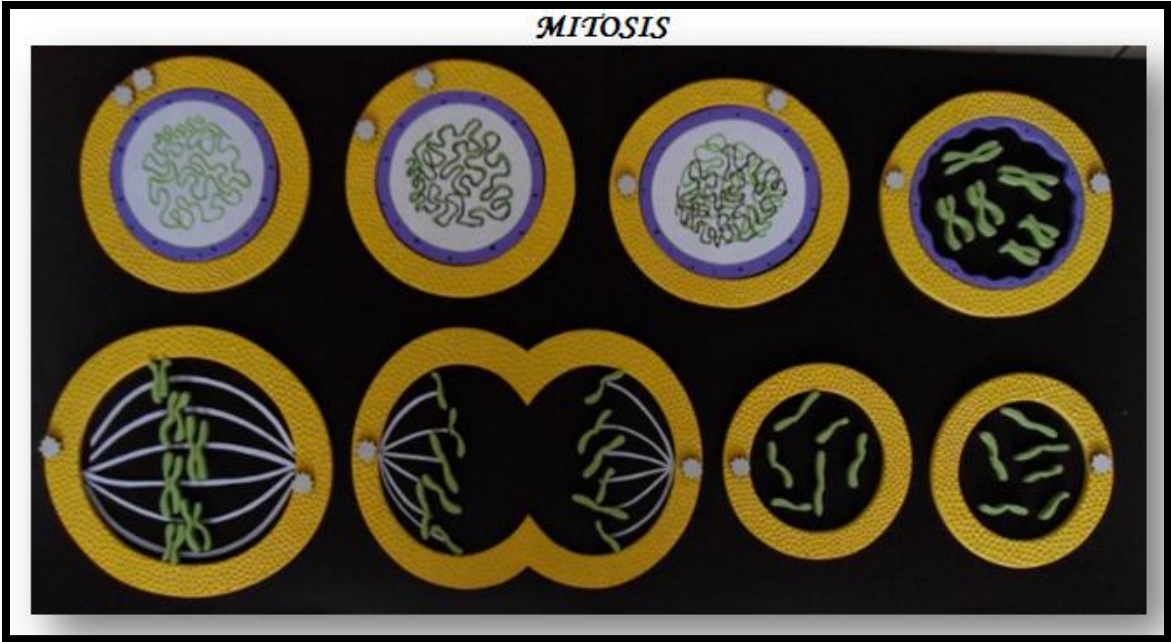


Figura 4-4. Procesos completos mitosis y meiosis.



5. Conclusiones

- ✚ Con los parámetros tenidos en cuenta para el diseño y elaboración del kit didáctico de la reproducción celular se podrá estimular y abrir en el estudiante algunos canales sensoriales como el visual, táctil, kinestésico y auditivo con el fin de implementar el concepto de inteligencia sentiente facilitando la comprensión de una temática abstracta y de no muy fácil representación.
- ✚ Con esta ayuda didáctica se le facilitara al docente su explicación ya que consta de dos partes complementarias una para el docente y otra para el estudiante permitiéndole al aprendiz reproducir lo que su mediador cultural le esta explicando a través de las presentaciones animadas donde se muestra claramente las características propias de cada fase tanto de la mitosis como de la meiosis.
- ✚ El kit didáctico de la reproducción celular es una herramienta que funciona como un armotodo donde sus fichas son las partes más representativas de la célula, implicadas en el proceso de duplicación tales como: la membrana celular, membrana nuclear, huso mitótico, centriolos y los diferentes tipos de cromosomas.
- ✚ Esta ayuda didáctica fue diseñada estratégicamente para que despierte el interés y atención de los estudiantes facilitando su comprensión, participación e interacción en clase.
- ✚ Debido a que los estudiantes constantemente solicitan a sus docentes la variabilidad en la forma de evaluar este kit didáctico puede ser utilizado para medir el grado de comprensión y manejo del tema.
- ✚ El kit didáctico de la reproducción celular se creo con las características necesarias para que pueda ser manipulado por los estudiantes sin tener el temor de que lo dañen debido a que se elaborado en mdf el cual es un material resistente muy similar a la madera.
- ✚ Al implementar esta ayuda didáctica para el tema de la reproducción celular el docente podrá también aprovechar el material para hacer una buena y oportuna introducción a la genética.

- ✚ Con el kit didáctico de la reproducción celular se pretende ampliar la metodología de trabajo en clase puntualizando en la importancia que tiene la parte práctica para la comprensión de esta temática; pero ahora fuera del laboratorio sin cortes de tejidos, ni tinciones o montajes vistos desde el microscopio; sino interactuando con las partes de la célula manipulándolas para formar los procesos o fases requeridas según la explicación del docente.

6. Bibliografía

[1] ANTOLINEZ, R. La educación de los sentidos desde el pensamiento de Xavier Zubiri: un estudio Noológico. Biblioteca Colombiana de Filosofía. Universidad de Santo Tomás. 2009. 225 p.

[2] MARQUÍNEZ, G& NIÑO, F. Introducción a la filosofía de Xavier Zubiri. Editorial El Buho. 2009. 168 p.

[3] ALBALAT M.Carolina. La percepción táctil: su estimulación en alumnos con discapacidad. En Quaderns digitals: Revista de Nuevas Tecnologías y Sociedad, N°. 62, 2010.

[4] GARCIA J. José.Inteligencia sentiente, reidad Dios nociones fundamentales en la filosofía de Zubiri, Cuadernos de pensamiento Español, redacción, administración y petición de ejemplares, Universidad de Navarra.N°30, 2006. 73 p.

[5] POZO J.I.. Teorías cognitivas del aprendizaje Novena edición. Madrid, ed. Morata, 2006. 290 p.

[6] JIMENEZ M. Pilar. La enseñanza y el aprendizaje de la biología. En: JIMENEZ Aleixandre M. Pilar. Enseñar ciencias. Barcelona: Graó, 2003. 119 – 146 p.

[7] BANET E& Ayuso E. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: 1. contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. Investigación y experiencias didácticas. I Facultad de Educación. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Campus de Espinardo. 30100 Murcia. IB Molina de Segura. Murcia. ddd.uab.cat.1995.137 – 153p

[8] SOLANO R María. 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, 2008.8 p.

[9] GALLEGO A. María; Mayoral M. Victoria & Muela F. Javier. Los medios de comunicación social y la didáctica de la genética y la biología molecular en e.s.o. Dto. Didáctica de las Ciencias. Fac. Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad de Jaén. 23071. Jaén. España. 2002. 11 p.

[10] RODRÍGUEZ M^a Luz & Glez A. Bibliographical review on the teaching of Biology and research on the study of the cell. La Laguna. Sta Cruz de Tfe. Islas Canarias. 2000. 237 – 263p.

[11] D.P DE ROBERTIS E; Hib J & Ponzio R. Biología celular y molecular. Duodécima edición tercera impresión Ed el Ateneo. Argentina. 1998.469 p.

[12] S. KLUG W & R. Cummings M. Essentials of Genetics; Third Edition. Ed. Prentice Hall. Estados Unidos 1999. 567 p.

[13] PURVES K., Orians, Gordon H; Heller H. Craig & Sadava D. Life: The Science of Biology. Fifth edition. Sinauer Associates, INC. NH. Freeman and company. 1998.1243 p.

[14] LODISH H; Matsudaira C; Krieger M & Laurence J. Biología Celular y Molecular. 5^a edición. Ed. médica panamericana. Buenos Aires - Bogotá - Caracas - Madrid – México Sao Paulo. 2005. 973 p.

[15] LODISH Harvey; Matsudaira C; Krieger M & Laurence J. Biología celular y molecular. 5^a edición – 1^a reimp. Buenos Aires por Mendez Andrea; Rondinone Silvia y Giovanniello Octavio ISBN 950-06-1374-3. 2006. 1088 p.

WEBGRAFIA

[16] División celular

<http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/mitosis.htm#Cinetocoros> Mayo 15 de 2011

[17] Inteligencia sentiente según David Paul Ausubel

<http://www.youtube.com/watch?v=IR8LfA0JgrM> Mayo 15 de 2011

[18] <http://dspace.unav.es/dspace/bitstream/10171/7121/1/30.pdf> Mayo 18 de 2011

[19] La enseñanza y el aprendizaje de la biología

http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/anteriores/medio_superior/mexcontp/material_didac/biologia/la_ensenanza_y_el_aprendizaje.pdf Mayo 18 de 2011.

[20] Síntesis de ADN

http://www.google.com.co/imgres?q=REPLICACION+ADN&um=1&hl=es&sa=X&rlz=1W1SKPT_esCO450&tbn=isch&tbnid=Y3FVE1_qiM7gRM:&imgrefurl=http://www.um.es/molecula/dupli.htm&docid=ZuXdkzJlczX7CM&w=234&h=596&ei=RqiFTtnNoq6tgfdiJVA&zoom=1&iact=hc&vpx=400&vpy=54&dur=468&hovh=359&hovw=140&tx=87&ty=252&page=3&tbnh=121&tbnw=48&start=21&ndsp=12&ved=1t:429,r:2,s:21&biw=1024&bih=485 Septiembre 28 de 2011.

[21] Cromosoma

http://www.google.com.co/imgres?q=cromosoma&um=1&hl=es&rlz=1W1SKPT_esCO450&biw=903&bih=448&tbn=isch&tbnid=Dw8kSsTYkip8tM:&imgrefurl=http://www.ciencia-activa.org/DivergenAlfabetoGenes.htm&docid=6-8sDpdVERIArM&w=181&h=300&ei=Q0OKTuEhYr22B9OkpbkD&zoom=1&iact=rc&dur=74&page=2&tbnh=101&tbnw=61&start=8&ndsp=10&ved=1t:429,r:4,s:8&tx=36&ty=66 septiembre 29 de 2011

[22] Células diploides mitosis

http://www.tareaescolar.com/tareaescolar/naturales/meiosis_archivos/image004.gif septiembre 29 de 2011

[23] Células haploides segunda etapa meiosis

http://www.iesbanaderos.org/html/departamentos/biogeogeo/Apuntes/Bio/T%2013/6%20Meiosis_archivos/image008.jpg septiembre 29 de 2011