



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA, BASADA EN EL USO DE
RECURSOS AUDIOVISUALES, PARA LA ENSEÑANZA DEL SUBTEMA MEIOSIS Y
GAMETOGÉNESIS EN EL COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

PRESENTA:
BIÓL. VICTORIA ADRIANA OJEDA SANTIAGO

TUTORA PRINCIPAL:
M. en C. MICHELE LOUISE GOLD MORGAN
FACULTAD DE CIENCIAS

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:
DRA. PATRICIA RIVAS MANZANO
FACULTAD DE CIENCIAS
DRA. MARINA KRISCAUTZKY LAXAGUE
DGTIC

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. , ENERO, 2020.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

A mis papás, Leonor e Indalecio, quienes entre su trabajo y ocupaciones siempre han hecho su mejor esfuerzo para enseñarme a ser una mejor persona día con día y que con esfuerzo y entusiasmo se puede lograr los sueños y metas que te propongas. Gracias por acompañarme siempre y ser un motor en este viaje.

A mi hermana Alma, mi otra mitad, por estar conmigo en los buenos y malos momentos. Sé que vienen muchas más metas y me tendrás a tu lado.

A mi pequeño sobrino, Leonel, por darme ánimos y sacarme una sonrisa. Por ser el faro y la luz que alivia mi corazón. Siempre me alegran tus abrazos.

A mi tía Tanita y los “Betos” por ser parte de mi familia, apoyarme y procurar mi bienestar siempre que pueden. Serán siempre bienvenidos en cada uno de mis pasos.

A mi Abue, por darme ánimos y cuidarme.

A mi familia por apoyarme a su manera. Gracias totales.

A mi Amet, gracias por tu apoyo, cariño y afecto a lo largo de estos años. Te llevamos en nuestro corazón .

“Una verdadera vida se hace trabajando”.

MGM

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi alma máter, por brindarme un lugar y espacio para formarme como profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT, por la beca otorgada desde septiembre de 2017 a agosto de 2019.

A mi tutora la M. en C. Michele Louise Gold Morgan por sus valiosos comentarios, retroalimentación y aportes al trabajo. A quien admiro y agradezco que haya aceptado ser mi guía y apoyo durante la maestría.

A la Dra. Patricia Rivas Manzano por su disposición y valiosos aportes a este trabajo.

A la Dra. Marina Kriscautzky Laxague por sus comentarios y sugerencias que ayudaron a enriquecer el trabajo. A quien agradezco sus enseñanzas y apoyo desde que la conocí. Por ser un ejemplo como persona y profesional.

Al Mtro. Juan Francisco Barba Torres y el Dr. Luis Eduardo Servín Garcidueñas por sus aportes y comentarios al trabajo.

A mis papás, quienes me han apoyado, acompañado y guiado a lo largo de mi vida en cada paso.

A la familia Ojeda-Martínez por darme ánimos y mostrarme el lado bueno de las cosas.

A la familia Álvarez-Santiago por apoyarme y acompañarme desde siempre.

Al resto de mi familia por ser parte de mi vida y brindarme un poco de lo mejor de cada uno.

A Amet Rivaz gracias el apoyo, el entusiasmo y por todo.

A mis amigas y amigos que me han acompañado desde el bachillerato y la Facultad por sus consejos y ánimos a lo largo de estos años.

A mis compañeros de maestría, Queta, Adrián, Kat, Claudia, Josué, Getshe e Inti por sus consejos, recomendaciones y acompañamiento en esta aventura.

Resumen

El presente trabajo en el ámbito de la enseñanza-aprendizaje de la Biología, se centra en diseñar e implementar una propuesta en aula, en la que a partir del buen uso y manejo de recursos audiovisuales se favorezca el aprendizaje de los subtemas meiosis y gametogénesis en los estudiantes de Colegio de Ciencias y Humanidades, donde el tema de gametogénesis fue recientemente incorporado al Plan de Estudios de 2016, y existen pocas propuestas de cómo abordar el tema. A través del uso de diferentes recursos audiovisuales se busca hacer menos compleja la enseñanza-aprendizaje de los procesos de meiosis y gametogénesis, que ocurren en una dimensional-espacial y temporal poco intuitiva para el estudiante. Se propone el póster como instrumento de evaluación ya que su elaboración implica realizar un proceso cognitivo en el que se comprendan y apliquen los conceptos científicos. Los resultados indican que el uso de recursos audiovisuales permitieron a los estudiantes comprender que la meiosis es importante para la producción de variación genética y que participa en el proceso de gametogénesis. Los estudiantes lograron distinguir aspectos importantes entre los procesos de mitosis y meiosis como lo es la ploidía y la cantidad de material genético.

Abstract

The present work in the field of the teaching of Biology, focuses on designing and implementing a proposal in the classroom, in which, the good use and management of audiovisual resources favor the learning-teaching of meiosis and gametogenesis in students from the Colegio de Ciencias y Humanidades, in which gametogenesis was recently incorporated into the 2016 curriculum and there are few proposals on how to address these biological processes. Through the use of different audiovisual resources, the teaching-learning of said processes, which occur naturally in a spatial and temporal dimensionality that is not very intuitive for the student, are made more accesible. Posters are proposed as an instrument of evaluation because its elaboration implies carrying out at a cognitive process in which the scientific concepts are understood and applied. The results indicate that use of audiovisual resources allows students to understand meiosis is important for the production of genetic variation and that it participates in the gametogenesis process. The students managed to distinguish important aspects between the processes of mitosis and meiosis such as ploidy and the amount of genetic material.

Índice

1. Introducción	4
2. Planteamiento del problema	5
2.1. Problemas en el proceso de enseñanza-aprendizaje del subtema 1. Reproducción y el uso de recursos audiovisuales	8
2.1.1. Los problemas en la enseñanza-aprendizaje de la meiosis	8
2.1.2. Los problemas en la enseñanza-aprendizaje del tema gametogénesis	10
2.2. Meiosis y gametogénesis en fuentes de consulta y recursos audiovisuales	11
2.2.1. La representación de imágenes y esquemas y la concordancia con el texto	11
2.2.2. El problema de la definición de conceptos en los libros de texto	13
2.3. Pregunta de investigación	19
2.3.1. Objetivo general	19
2.3.2. Objetivos particulares	19
3. Ubicación del tema	19
4. Marco teórico disciplinar y psicopedagógico	24
4.1. Marco disciplinar	24
4.1.1. Meiosis	28
4.1.2. Gametogénesis	37
4.2. Marco psicopedagógico y uso de recursos audiovisuales en la enseñanza-aprendizaje	43
4.2.1. Constructivismo	43
4.2.2. El uso de recursos audiovisuales (imágenes, esquemas y videos) en la educación y la enseñanza-aprendizaje de las ciencias	47
5. Estrategia didáctica	55
6. Resultados y análisis de resultados	72
6.1. Actividad diagnóstica	76
6.2. Carteles o pósteres	81
7. Discusión y conclusión	100
8. Referencias	113

1. Introducción

En la enseñanza de la Biología, los temas de genética, en específico la meiosis y la gametogénesis, resultan de fundamental importancia ya que permiten a los estudiantes conocer cómo ocurre la recombinación genética, la reducción del material genético y la producción de gametos. Además, son temas necesarios para conocer por qué existe la diversidad en la naturaleza.

Durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de estos temas los estudiantes y los docentes enfrentan dificultades, debido a que varios de los términos utilizados resultan confusos y los estudiantes terminan por confundir la meiosis con el proceso de mitosis, o bien, optan por memorizar el tema.

Para el docente las dificultades al enseñar el tema de meiosis se deben a su complejidad inherente. En el caso de la gametogénesis, el principal reto para el docente es adecuar el tema a nivel bachillerato e impartirlo bajo una perspectiva genética y no desde la embriológica como generalmente se aborda a nivel superior en diferentes

En el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), cuyo modelo educativo se fundamenta en tres principios filosóficos (aprender a aprender, aprender a ser y aprender a hacer), los temas de meiosis y de gametogénesis conforman el primer subtema del tema "Reproducción" en el Plan de Estudios Actualizado (2016), por lo que, existen escasas propuestas de cómo abordar el tema a nivel bachillerato y, en la literatura no existen propuestas de cómo abordar los temas utilizando recursos audiovisuales.

Los recursos audiovisuales pueden facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de estos temas ya que permiten hacer menos abstractos el cómo ocurren la meiosis y la gametogénesis y los alumnos pueden entre otras cosas, observar una simulación del proceso en tiempo real.

2. Planteamiento del problema

Antes de comenzar a explicar los problemas que existen en proceso de enseñanza-aprendizaje de la meiosis y la gametogénesis es necesario explicar la complejidad que tiene estos procesos biológicos.

Los procesos de meiosis y de gametogénesis ocurren en niveles espaciales difíciles de imaginar, lo que los hace complejos; además, la temporalidad en la que suceden los procesos son poco intuitivos pues algunos ocurren de forma continua y otros no.

2.1. Meiosis y gametogénesis como procesos biológicos complejos

La meiosis es un proceso de división que ocurre a nivel celular y tiene como resultado producir cuatro células, cada una con la mitad de contenido genético que la célula de la cual proviene. En ciertos casos no todas las células hijas son funcionales. Además, el inicio y la terminación de la producción de espermatozoides y óvulos no necesariamente ocurren simultáneamente en los individuos de diferente sexo.

Otra complejidad es que las células que se van a dividir meióticamente, en ciertos organismos ocurren en órganos especializados como son los testículos y los ovarios.

Cuando hablamos de meiosis hay que considerar al menos cuatro niveles biológicos de organización. El primero, como ya se mencionó es el nivel de órganos, ya sea ovarios o testículos en el caso del ser humano.

El segundo es el nivel celular cuando en la meiosis I se forman dos células hijas y en la meiosis II con la formación de cuatro células hijas.

El tercero es el nivel de organelo, pues dentro del núcleo celular, se encuentra el ADN y ocurre el proceso de duplicación de material genético (se crea una copia de ADN).

El cuarto nivel es el cromosómico, que comprende el proceso de recombinación genética (intercambio de material genético entre cromosomas homólogos) y segregación de cromosomas (agrupación y separación de los cromosomas) aun dentro de la célula madre.

Los niveles se relacionan entre sí, por ejemplo, cuando la célula comienza la división celular en el núcleo sucede que la membrana nuclear se rompe y, una vez agrupados los cromosomas, estos se recombinan y se separan para que, al término de la meiosis las cuatro células resultantes contengan solo la mitad de material genético o ADN que la célula inicial.

En cuanto a la dimensión temporal, la meiosis puede ser un proceso continuo, como dijimos arriba (el caso del hombre), o puede ocurrir en dos etapas interrumpidas por dos pausas; y puede ocurrir en diferentes momentos del ciclo de vida de los individuos (como en el caso de la mujer) de diferente sexo.

El proceso de gametogénesis involucra uno de los dos tipos de meiosis, es del tipo que produce células con diferenciación sexual (gametos, sean femeninos o masculinos), no del tipo que forma esporas (meioesporas que no tienen diferenciación de sexo).

En la mayoría de los organismos la formación de gametos ocurre en órganos especializados, con diferente nombre en los diferentes tipos de organismos (oogonios, espermatogonios, etc.). Hablando de *Homo sapiens sapiens*, entre otros organismos, la gametogénesis ocurre en los órganos sexuales, ovarios en el caso de las mujeres ¿? y en los testículos en el caso de los hombres.

En la dimensión espacial la gametogénesis ocurre a los mismos cuatro niveles biológicos ya mencionados.

En la dimensión temporal la gametogénesis puede ocurrir de manera continua o, como ya dijimos, con diferimiento.

En el caso que nos ocupa, el de la gametogénesis de *Homo sapiens*, el proceso es diferente entre hombres y mujeres; hay continuidad en el proceso del hombre y, en las mujeres ocurren interrupción temporal.

En la ovogénesis o producción de óvulos el proceso de meiosis I inicia durante el desarrollo embrionario y se detiene temporalmente, para continuar en la etapa de la adolescencia, donde culmina la meiosis I e inicia la meiosis II, que finaliza solo cuando el ovocito es fecundado por el espermatozoide. Además, a diferencia de la meiosis durante la espermatogénesis, en la que se observan cuatro células resultantes por cada célula inicial, aquí solo se observa una célula funcional final.

En la espermatogénesis humana la meiosis inicia y finaliza en la etapa de la pubertad y de cada espermatogonia se producen cuatro células funcionales o espermatozoides, es decir, que tienen la capacidad de fecundar a un óvulo.

El óvulo y el espermatozoide se encuentran físicamente en la fecundación aun cuando la meiosis ocurre de forma discontinua en la mujer y de forma continua en el hombre.

Por último, la gametogénesis y por lo tanto, la meiosis, ocurren a niveles biológicos, que no son visibles para el ojo humano, pero sus productos y efectos se observan a nivel de individuo. La producción de óvulos se observa en cada ciclo menstrual y la espermatogénesis en su liberación durante el eyaculado. Los efectos de la recombinación genética se puede observar en las diferencias entre hermanos.

En resumen, la complejidad de los procesos de meiosis y gametogénesis se debe a que ocurren en una dimensión no perceptible para el humano y en una temporalidad que puede ser desde antes del nacimiento hasta la pubertad/adulthood o solamente a partir de la pubertad/adulthood.

2.2. Problemas en el proceso de enseñanza-aprendizaje del subtema 1.

Reproducción y el uso de recursos audiovisuales

Dentro de este apartado se abordan los problemas que existen en torno al proceso de enseñanza aprendizaje del subtema 1. Reproducción y los problemas asociados al uso de diferentes recursos audiovisuales.

Los problemas en torno a la enseñanza-aprendizaje del subtema uno está dividido en dos secciones. En la primera sección se menciona los problemas que existen en el proceso de enseñanza-aprendizaje del tema meiosis. En la segunda sección se aborda lo referente al tema de gametogénesis.

Dentro del contenido curricular el tema de genética, que abarca los temas de mitosis, meiosis y herencia mendeliana, es considerado por los docentes como uno de los contenidos más difíciles de enseñar debido a que, engloba procesos biológicos complejos que deben ser enseñados, pero que los alumnos, generalmente aprenden de forma mecánica sin llegar a la comprensión de estos (Mertens, 1992; Martínez-Saldarriaga, 2012; Gungor & Ozkan, 2017).

2.2.1. Los problemas en la enseñanza-aprendizaje de la meiosis

En el caso específico de la meiosis, hablando disciplinar y curricularmente es necesario para comprender otros dominios de la biología que verán los estudiantes posteriormente como son herencia mendeliana, diversidad genética, evolución y biología del desarrollo (Martínez-Saldarriaga, 2012), la complejidad del tema se debe a problemas conceptuales que engloban: a) el manejo de conceptos y de terminología; b) la comprensión global del proceso, c) la falta de relación de la meiosis con la variación genética y su importancia biológica y, d) las dificultades relacionados con los conceptos previos que tienen los estudiantes. A continuación se detalla cada uno.

- a) Los estudiantes de bachillerato a pesar de haber visto conceptos básicos como célula, cromosoma, cromátida, núcleo, ADN, etc., mantienen una idea errónea acerca de estos. Confunden conceptos, como cromosoma homólogo con cromátida, utilizan de forma indistinta los términos de

cromosomas, gen, alelo y carácter e incluso el término herencia lo sitúan en el plano social y no en el biológico (Velasco-Ruíz & Navarro-Torres, 2014; Villada-Lodoño, 2015).

No relacionan la mitosis con células somáticas y la meiosis con células sexuales y, no identifican las diferencias entre los procesos (Villada-Salazar, 2011; Martínez-Saldarriaga, 2012; Velasco-Ruíz & Navarro-Torres, 2014).

Algunos libros de texto, en principio definen a la meiosis con base en la palabra griega μείωσις que significa “disminución” o “hacerlo más pequeño”, que refiere a la reducción del número de cromosomas en las células hijas, pero que los algunos estudiantes interpretan de forma errónea. Tal como en el estudio de Pérez *et al.*, (1994) donde algunos alumnos de bachillerato consideran que la meiosis origina células de tamaño menor que la célula original, para que pueda formarse el cigoto y, no como un proceso a través del cual se reduce a la mitad el número de cromosomas de una célula.

- b) Los estudiantes tienen dificultad para comprender el proceso de meiosis de forma global debido a que, les resulta difícil imaginar cómo se van moviendo los cromosomas a través de las fases de la división celular. En consecuencia, los estudiante representan de forma errónea la posición de los cromosomas en las etapas de la meiosis y mantienen representaciones equivocadas acerca de las interacciones que ocurren entre los cromosomas durante cada una de las fases (Arslan *et al.*, 2015; Goff *et al.*, 2017). Cuando los estudiantes no llegan a la comprensión global del tema optan por memorizar lo que ocurre en cada fase con el fin repetirlo en el examen y no llegan a comprender que este tipo de división celular es importante para el flujo de información genética y la variación genética que se observa en los organismos (Núñez-Vargas, 2013; Kolber *et al.*, 2014; Hubbs *et al.*, 2017).
- c) La falta de relación de la meiosis con la variación genética se debe, según Villada-Lodoño (2015) a que los estudiantes no asocian la recombinación que ocurre en la primera división meiótica, en la profase, con la diversidad

de formas que se pueden encontrar entre los organismos de una misma especie.

- d) Los conocimientos previos que tienen los estudiantes en torno al tema consisten en una mezcla de información experiencial y conceptos científicos que dificultan llegar a una comprensión acerca de las diferencias entre los procesos de mitosis y meiosis (Arslan *et al.*, 2015).

2.2.2. Los problemas en la enseñanza-aprendizaje del tema gametogénesis

El tema gametogénesis es impartido en su mayoría a nivel superior en las licenciaturas de biología, medicina, odontología y veterinaria, en asignaturas referentes al área de embriología.

Existen muy pocos estudios relacionados a la didáctica del tema y solo llegan a propuestas de cómo abordar el tema a nivel superior. Por ejemplo, el trabajo de Moxham *et al.*, 2017, se centran en la manera en que los docentes del Reino Unido y Estados Unidos destacan la importancia de incluir los conceptos de embriología a nivel superior en el campo de la teratogénesis.

Otros estudios son los de Jaramillo-Soto (2005), Ramírez (2010) y Villegas-García (2011), quienes proponen el uso de herramientas de apoyo (software, multimedia y tutoriales) para facilitar la enseñanza de los contenidos de las asignaturas relativas a embriología.

A nivel bachillerato el tema de gametogénesis solo está incluido de forma explícita en el Plan de Estudios Actualizado (2016) del CCH como parte del subtema Reproducción. En otras instituciones educativas como son la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM y el Colegio de Bachilleres, de la Secretaría de Educación Pública, únicamente contempla el tema de meiosis.

Así, la enseñanza del tema representa un reto para los docentes del CCH, ya que al ser un tema nuevo hay pocas propuestas didácticas documentadas de cómo

abordar y, adecuar el tema a nivel bachillerato en donde el enfoque es genético¹ y no embriológico².

En resumen, los docentes del CCH deben adecuar el tema para que los estudiantes, de entre 16 y 17 años, quienes teóricamente cuentan con conocimientos básicos de genética, comprendan que, a lo largo de la gametogénesis ocurre la meiosis, la transmisión de información genética, la recombinación de los cromosomas y que, el tema está ligado con herencia mendeliana, que es el siguiente tema dentro del temario.

2.3. Meiosis y gametogénesis en fuentes de consulta y recursos audiovisuales

En diferentes fuentes de consulta los temas de meiosis y gametogénesis presentan problemas relacionados con las imágenes y con el uso de conceptos que repercuten en el proceso de enseñanza-aprendizaje, pues tanto los estudiantes como los docentes consultan esta información para explicar o entender el tema.

2.3.1. La representación de imágenes y esquemas y, la concordancia con el texto

En libros de texto, páginas de internet y recursos audiovisuales (imágenes, esquemas y videos), el tema de meiosis presenta problemas en cuanto a la representación de las imágenes y la concordancia de éstas con el texto.

De acuerdo con Navarro & Velasco (2017) los libros recomendados por el anterior Programa de Estudios del CCH contienen ilustraciones, fotografías, esquemas y texto en el que se aborda el tema de meiosis, pero que no contienen la misma

¹ El enfoque genético se centra en explicar cómo ocurre la división del material genético en las células sexuales y la recombinación a nivel de cromosomas.

² El enfoque en la embriología animal la gametogénesis explica la formación y diferencia de las células y la fecundación para después dar inicio con las etapas y sucesos que ocurren en el desarrollo embrionario.

información. Es decir, no son redundantes³ entre sí y, por lo tanto, no se complementan.

Dentro de esta redundancia las autoras mencionan que pueden existir tres casos posibles y que se pueden encontrar en libros utilizados por los alumnos del CCH.

1. Ni las imágenes ni el texto explican o mencionan todos los conceptos, procesos y elementos más relevantes del proceso de división celular meiótica. Por ejemplo, en Alexander *et al.*, (1992).
2. La imagen y el texto presenta de forma parcial algunos de los eventos meióticos, como en Audersik *et al.*, (2003).
3. Dentro del texto se explican los procesos, conceptos y elementos meióticos más relevantes, pero en la imagen o ilustración que la acompaña no se encuentra esta información. Tal es el caso de Biggs *et al.*, (2000).

La falta de redundancia de la imagen-texto se puede encontrar en algunos de los recursos electrónicos frecuentemente consultados por los estudiantes del CCH como lo es Wikipedia y www.duiops (Navarro & Velasco, 2017).

La inexactitud entre la imagen y los textos, o bien, entre el esquema y el texto puede llevar a los estudiantes a una confusión entre la información presentada en el texto (que es correcta) y lo contenido en la imagen (que no es correcta). Por ejemplo, si observamos el esquema utilizado en la página de Wikipedia (Fig. 1), encontraremos que, en el texto se menciona la recombinación genética que se produce en la profase I en la meiosis I, pero no se representa en los cromosomas pues, en la anafase I cuando se separan los cromosomas homólogos no se observa una coloración combinada de azul y rojo en ninguna de las cromátidas.

³La redundancia entre la imagen y el texto se refiere a la información proporcionada en el texto y la contenida en imagen. Para que el lector pueda entender mejor el texto la imagen debe ilustrar los conceptos, procesos y elementos mencionados y viceversa.

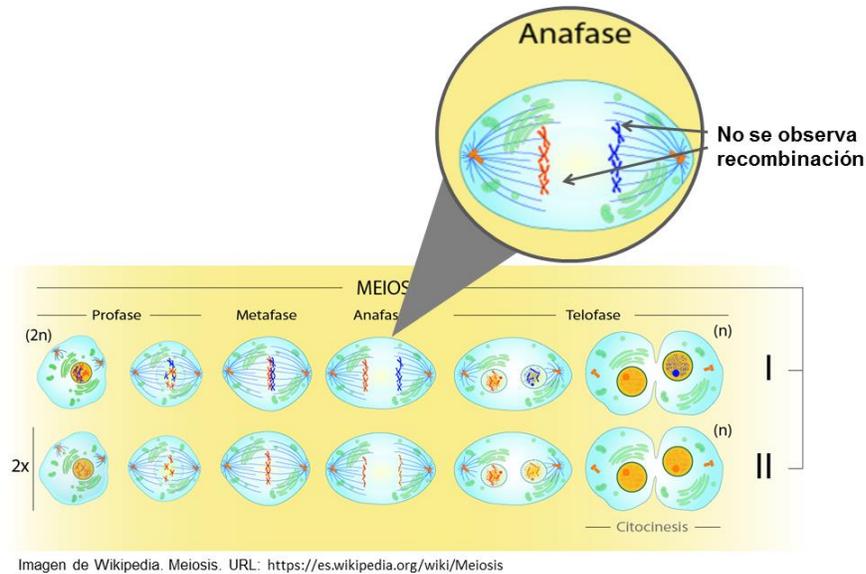


Figura 1. Imagen de la meiosis. Tomada de Wikipedia. (2019). Meiosis. (En línea): <https://es.wikipedia.org/wiki/Meiosis> En el proceso de recombinación genética los cromosomas intercambian una parte de su material con el cromosoma homólogo pareja por lo que al separarse se esperaría ver que el cromosoma azul tuviera una parte roja y el cromosoma rojo una parte azul, pero no se observa así.

Además, el alumno podría asumir que en la segunda división meiótica la única célula que realiza la separación de ADN es la de color rojo y, no ambas por lo que, al final solo se tendrían dos células resultantes en vez de cuatro.

2.3.2. El problema de la definición de conceptos en los libros de texto

El problema de la definición de conceptos y las formas en las que se puede abordar el tema se centra principalmente en cómo los libros de texto y consecuentemente los docentes definen los conceptos de: *célula haploide* y *célula diploide* y *número de cromosomas*. Para explicar éste problema se tomará las definiciones de los siguientes libros:

Bibliografías recomendadas por el Plan de Estudios del CCH (2016).

Campbell, N., Lawrence M., y Reece, J. 2001. Biología, conceptos y relaciones. México: Pearson Educación.

Solomon, Berg y Martin. 2008. Biología. México: Mc Graw Hill / Interamericana.

Bibliografía básica recomendada por el Plan de Estudios de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) (2018) para la asignatura de Biología V.

Karp, G. 2011. Biología celular y molecular. **Conceptos y experimentos.** México: McGraw-Hill.

Bibliografía básica recomendada por el Plan de Estudios de la Facultad de Ciencias (1997) para la asignatura de Genética

Watson, J.D., N.H. Hopkins, J.W. Roberts, J.A. Steitz y A.M. Weiner 1988. Molecular biology of the gene. **The Benjamin/Cummings Publishing Co**

Tabla 1. Libros de texto recomendados por el CCH, ENP y Facultad de Ciencias.

	Autor y año	Edición consultada	Citada en el Plan de Estudios	Definición textual de los conceptos haploide y diploide y, comentarios.
Biología	Campbell, N., et al. 2001	7 ^a	7 ^a	<p>Célula diploide tiene dos conjuntos de cromosomas.</p> <p>Célula haploide contienen un único conjunto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El número de cromosomas de un solo conjunto se representa como n • El número diploide de cromosomas, abreviado como 2n.
Biología	Solomon et al. 2012	9 ^a	8 ^a	<p>“Si una célula o núcleo contiene dos conjuntos de cromosomas, se dice que tiene un número cromosómico diploide. Si solo tiene un único conjunto de cromosomas, entonces tiene un número haploide.</p> <p>“El número cromosómico que se encuentra en los gametos de una especie particular está representado por n, y el número cromosómico cigótico se representa como 2n. Por simplicidad, en lo que resta de este capítulo, los organismos empleados como ejemplos no son poliploides. Se utilizan diploide y 2n de modo intercambiable, y similar entre haploide y n. Aunque los términos no son estrictamente sinónimos”.</p>
Biología celular y molecular	Karp G. (2011)	4 ^a	4 ^a	<p>Diploide: que contiene dos miembros de cada par de cromosomas homólogos, como se ejemplifica en la mayor parte de las células somáticas. Las células diploides se originan por mitosis de otras células diploides.</p> <p>Haploide: que contiene sólo un miembro de cada par de cromosomas homólogos.</p> <p>Dice lo siguiente al explicar las características de las células resultantes de la meiosis I:</p> <p>“Tales células se caracterizan por ser haploides porque contienen sólo un miembro de cada par de cromosomas homólogos. Aunque son haploides tienen dos veces más DNA que un gameto haploide porque cada cromosoma aún está representado por un par de cromátidas adosadas.”</p> <p>Para la cantidad de ADN que hay en las células utiliza la letra C y especifica que las células resultantes en la meiosis I son haploides y tienen una cantidad 2C de ADN.</p>
Molecular Biology of the Gene	Watson J., et al.(2013)	7 ^a	Sin dato	<p>Célula diploide contienen dos copias de cada cromosoma.</p> <p>Célula haploide contienen una sola copia de cada cromosoma.</p> <p>En el capítulo 11 en donde habla sobre la recombinación genética podemos encontrar que al mencionar células diploides entre paréntesis esta 2N y para los gametos, que son haploides utilizan la nomenclatura de N y aclara que N es la cantidad de ADN.</p>

Tabla 2. Definición de los términos haploide y diploide en diferentes fuentes de consulta. Se incluyó una de las fuentes consultadas en la Facultad de Ciencias puesto que son los docentes formados en esta institución quienes pueden llegar a dar el tema a nivel bachillerato, tanto en el sistema del CCH como en la ENP o en otra institución educativa.

En la tabla se pueden encontrar tres definiciones sobre el concepto de célula haploide y célula diploide. La primera es la definición de Campbell *et al.*, (2001) y Solomon *et al.*, (2012), quienes hablan de conjuntos de cromosomas y para número cromosómico utilizan n y $2n$ según sea el caso.

La segunda, es la definición de Karp (2011), quien define haploide y diploide con base en el número de los miembros de cromosoma homólogo en cada cromosoma y distingue la cantidad de material genético con la letra C. La última definición es la de Watson *et al.*, (2013), en la que se habla de número de copias de cromosomas y distingue la cantidad de material genético con la letra N.

Al existir diferentes definiciones para los términos conceptuales de célula haploide y célula diploide puede y seguramente ha ocurrido que:

- a) Algunos docentes impartan el tema según los conocimientos que adquirieron durante su educación profesional sin mencionar que existen diferentes definiciones para estos conceptos y, dos tipos de nomenclatura para la cantidad de material genético (sea N o C).
- b) Los estudiantes que consultan previamente alguna fuente de información presentan confusiones al escuchar la explicación dada por su profesor o profesora en clase. Por ejemplo, si los alumnos consultan el libro de Solomon *et al.*, (2012) y el docente explica con base en la definición de Watson *et al.*, (2013) las explicaciones serán diferentes.

c) Las imágenes y esquemas pueden ser mal interpretadas por los alumnos con base en lo visto en el aula. Por ejemplo, si tomamos las definiciones de Karp *et al.*, (2013) (ver Tabla 1), para interpretar los esquemas de Campbell *et al.*, (2001) (Figura 2), encontraremos que el esquema presenta errores conceptuales y omite términos importantes, como la cantidad de ADN representado con la letra C.

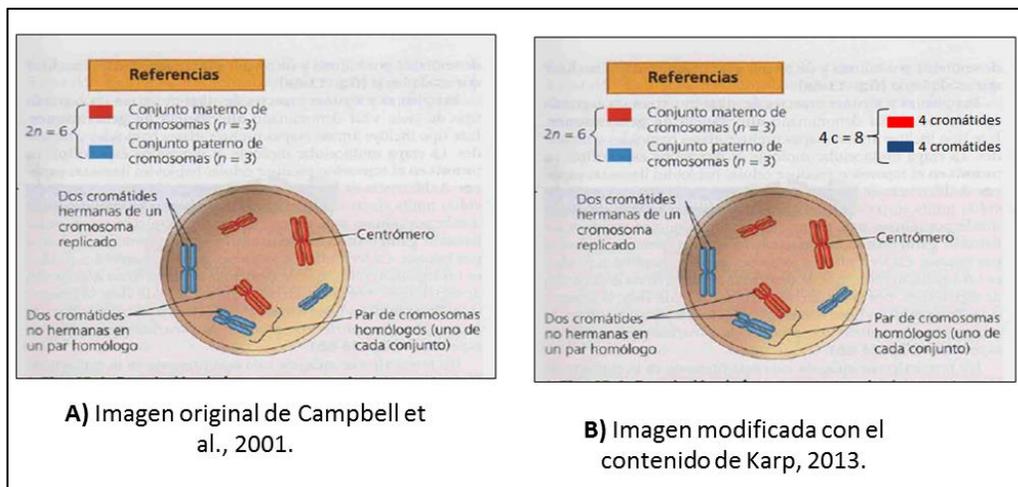


Figura 2. Descripción de los cromosomas- (Tomado y modificado de Campbell *et al.* (2001). En la figura A no se menciona la cantidad de material genético. La figura B si tiene la cantidad de material genético y, entonces, no presenta un error conceptual.

2.3.3. Problemas en las representaciones de la gametogénesis en esquemas

El principal problema de la representación de la gametogénesis en esquemas es que no se cuenta con ninguno que represente de forma adecuada la participación de la meiosis en la gametogénesis.

En el libro de Karp (2013) al momento de explicar la meiosis se incluye el proceso de gametogénesis (masculina y femenina), pero en los esquemas no se observa la relación de la meiosis con la gametogénesis. Por ejemplo, en el esquema que acompaña la explicación de la espermatogénesis no se muestra la recombinación que ocurre en los cromosomas y no incluye la cantidad de material genético en cada etapa de la división.

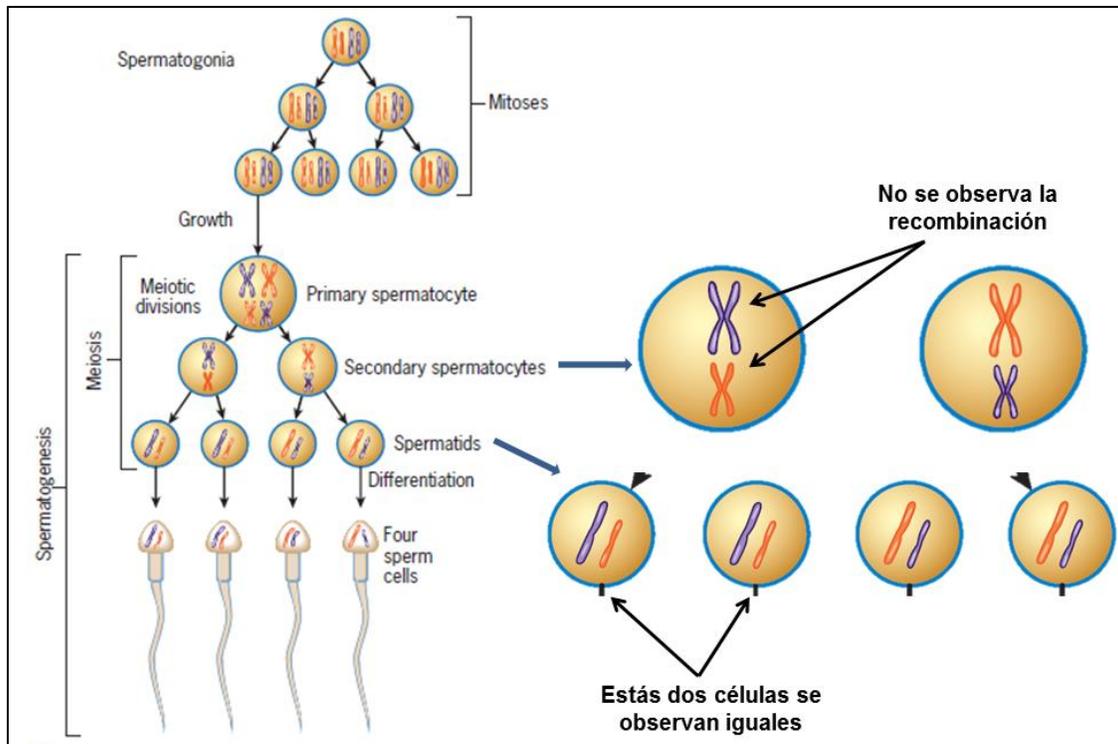


Figura 3. Esquema sobre espermatogénesis. (Tomado y modificado de Karp (2013)). Dentro del esquema se menciona la meiosis, pero en las células resultantes no se observa una recombinación e incluso se pueden observar como iguales.

En libros de texto relacionados con genética se omite el tema gametogénesis; tal es el caso de libro de Watson *et al.*, (2014) y, en los libros consultados para entender embriología como el de Gilbert *et al.*, (2010) en que se limitan a mencionar que la meiosis participa durante el proceso de gametogénesis y, una vez que ocurre la meiosis I las células son haploides.

En resumen, los problemas de la enseñanza-aprendizaje de la meiosis se centran en que existen errores en los esquemas e imágenes utilizados, aunado a que existen diferentes definiciones de los conceptos de célula haploide y célula diploide.

En el caso de la gametogénesis el principal problema es que existen escasas propuestas didácticas sobre el tema a nivel bachillerato, además, los esquemas que existen en la literatura no relaciona de forma adecuada el tema de meiosis con la gametogénesis y con un enfoque genético.

Debido a esto es necesario proponer una estrategia didáctica que haga uso de imágenes, esquemas y recursos audiovisuales que contengan información correcta y, a la vez, idónea para impartir el tema de meiosis y gametogénesis bajo un enfoque genético en el nivel bachillerato. .

2.4. Pregunta de investigación

El uso de imágenes, esquemas y videos (recursos audiovisuales) ¿favorece el aprendizaje de los alumnos en el subtema meiosis y gametogénesis?

2.4.1. Objetivo general

Proponer el uso de la estrategia didáctica basada en el uso de recursos audiovisuales para promover el aprendizaje del subtema meiosis y gametogénesis, en el Colegio de Ciencias y Humanidades

2.4.2. Objetivos particulares

- Diseñar una estrategia didáctica, basada en el uso de imágenes y videos, para la enseñanza de la meiosis y la gametogénesis en el Colegio de Ciencias y Humanidades
- Implementar dicha estrategia didáctica en la enseñanza del subtema meiosis y gametogénesis en el Colegio de Ciencias y Humanidades.
- Analizar los resultados del aprendizaje logrado con la aplicación de la estrategia con respecto a los temas de meiosis y gametogénesis, en el Colegio de Ciencias y Humanidades.

3. Ubicación del tema

En esta sección se detalla la ubicación de los temas Meiosis y gametogénesis dentro del Plan de Estudios, las Áreas que comprenden, la materia, unidad y tema donde están ubicados y cómo contribuye el tema al Perfil de Egreso del Colegio.

El CCH es uno de los dos sistemas de bachillerato ofertado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), creado en 1971 bajo un nuevo Modelo Educativo en que, el alumno es el centro del acto educativo y lo concibe como una

persona capaz de transformar su medio y a sí mismo, convirtiendo a la educación en un acto vivo y dinámico. Dentro del Plan de Estudios Actualizado (PEA) (2016) este paradigma educativo se sustenta en tres principios filosóficos:

- Aprender a aprender: los alumnos serán capaces de adquirir nuevo conocimiento por cuenta propia
- Aprender a ser: donde se enuncia el propósito de atenderlos no sólo en el ámbito de los conocimientos, sino también en el desarrollo de los valores humanos, particularmente los éticos, los cívicos y la sensibilidad artística.
- Aprender a hacer: el aprendizaje incluye el desarrollo de habilidades que les permita poner en práctica sus conocimientos

Tomando como base estos principios el Colegio busca dotar a los alumnos de una formación científica, humanística y social con base en la comprensión y el dominio de dos lenguajes: Español y Matemáticas y, dos métodos de aproximación a la realidad: el Científico-Experimental y el Histórico-Social.

Para lograrlo el Plan de Estudios está formado por cuatro áreas de conocimiento: Matemáticas, Ciencias Experimentales, Histórico-Social y Taller de Lenguaje y Comunicación.

El Área de Ciencias Experimentales (ACE) está conformada por las materias de Química, Física, Biología, Ciencias de la Salud y Psicología, cada una con sus respectivos contenidos y objetivos de aprendizaje, pero que en conjunto tienen como meta proporcionar a los alumnos los elementos que los lleven a conformar la parte de la cultura que corresponde al conocimiento científico y tecnológico, lo que permitirá al egresado, interactuar con su entorno en forma más creativa, responsable, informada y crítica (CCH, 2006).

El ACE tiene como propósito dotar a los estudiantes de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que comprenden: una visión global de las ciencias y de la naturaleza; procedimientos intelectuales cognitivos en la construcción de las ciencias y procesos de investigación para el diseño y realización de

investigaciones, procedimientos de comunicación que implican habilidades de comunicación oral y escrita; y un pensamiento crítico que capacite al alumno para formar opiniones propias, tomar opciones o adoptar decisiones en relación a cuestiones científicas, técnicas y sociales (CCH, 2006).

El área contribuye al perfil de egreso con formas de enseñanza–aprendizaje que promuevan la construcción del conocimiento objetivo, para que los estudiantes sean capaces de interpretar a la naturaleza de una manera lógica, racional y mejor fundada a través del conocimiento científico (CCH, 2006).

La materia Biología está integrada por los cursos de Biología I, Biología II, Biología III y Biología IV. Las dos primeras se imparten en el tercer y cuarto semestre del PEA, de forma obligatoria, lo que para estudiantes que no opten por las asignaturas Biología III y IV, que son optativas del último año, o una carrera científica significa el último acercamiento al campo del saber biológico.

Los cursos buscan que los alumnos aprendan a ofrecer explicaciones objetivas acerca de los sistemas biológicos⁴, al integrar conceptos y principios, con el desarrollo de habilidades, actitudes y valores, que les permitirán construir, deconstruir y reconstruir y con ello valorar el conocimiento biológico.

Para el aprendizaje de la biología, se pretende dotar a los alumnos de:

- Los conocimientos globales o principios que sustentan a esta ciencia y que a los alumnos se les presentan en forma de teorías.
- Las habilidades básicas para tener acceso a la información biológica y a su utilización para un mejor desempeño en su vida adulta.

De forma general, las asignaturas, también llamados cursos, Biología I y Biología II contribuyen a la formación de la cultura básica del bachiller egresado del CCH.

⁴ Sistemas biológicos es un término más inclusivo que seres vivos, que comprende a los sistemas vivos y a todos aquellos que se relacionan, se impactan, se intersectan y actúan a la par con estos. Por esta razón, el empleo del término que defina los objetos de estudio de la biología, dentro de los programas, será precisamente el de: sistemas biológicos (PAE, 2016)

La asignatura Biología I se dividen los contenidos temáticos en tres unidades de estudio y debido a los temas que contemplan las dos primeras unidades se puede decir que este curso es de carácter introductorio para que los estudiantes reconozcan a la Biología como ciencia y su objeto de estudio, así como la Teoría Celular y los proceso de división celular que ocurren en la célula y el tipo de reproducción que tienen los organismos.

La Unidad 3. ¿Cómo se transmiten los caracteres hereditarios y se modifica la información genética? está formada por dos temas: Reproducción y, Herencia.

El tema Reproducción incluye como primer subtema los temas Meiosis y gametogénesis, que tienen como aprendizaje conceptual que el alumno:

Explica la meiosis como un proceso que antecede a la reproducción sexual y produce células genéticamente diferentes.

Dentro de la carta descriptiva de la asignatura no se detalla cómo el tema y subtema de la Unidad 3, contribuye al PEA, sin embargo, se puede decir que la enseñanza-aprendizaje de los temas cubre los contenidos conceptuales de la Biología, incluidos en el ACE que son el principio de diversidad, los conceptos de mitosis y meiosis, cromosoma y recombinación genética; y se cubre uno de los Propósitos generales de la materia Biología que es que el alumno:

- Distinga los mecanismos que permiten la transmisión y modificación de la información hereditaria en los sistemas biológicos.

En cuanto a la contribución al Perfil de Egreso con base en los Propósitos generales que tienen la materia Biología, la enseñanza-aprendizaje de los temas Meiosis y gametogénesis contribuyen a la adquisición de conocimientos básicos en torno al tema y, si bien, el objetivo de aprendizaje no contempla que el alumno distinga los procesos de mitosis y meiosis es necesario realizar esto para cubrir el Propósito general mencionado. Además, los temas contribuyan en la formación de cultura básica científica del egresado del Colegio, bajo los fundamentos filosóficos que sustentan el Colegio.

En la Figura 4 se muestra de forma resumida lo expuesto anteriormente.

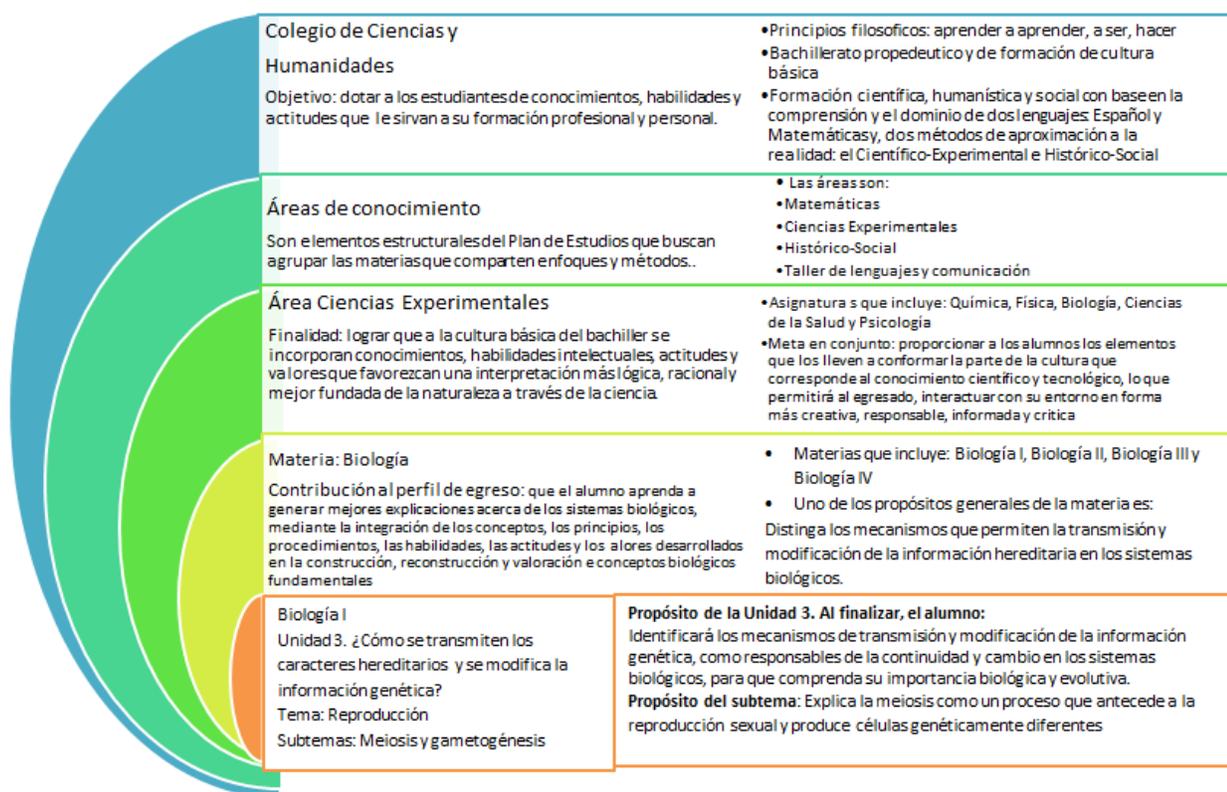


Figura 4. Contribución del subtema: Meiosis y gametogénesis al Plan de Estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades. Elaboración propia

4. Marco teórico disciplinar y psicopedagógico

4.1. Marco disciplinar

En organismos pluricelulares, como las plantas, los animales y los hongos que tienen una complejidad y organización celular impresionante, las células que los conforman se originan a partir de células preexistentes que pasan por un proceso de división celular.

La división celular es un proceso biológico a través del cual las células y el material genético compactado en cromosomas se dividen de forma individual para formar por lo menos dos células nuevas (Brown, 2012; Watson *et al.*, 2014).

Los **cromosomas** son estructuras hechas de cromatina, un material que consiste en ADN y proteínas asociadas que condensan (agrupan) al material genético para formar estructuras que tendrán un tamaño y forma particular (Brown, 2012).

El empaquetamiento o agrupamiento ordenado del ADN eucarionte depende de las **histonas**, un grupo de pequeñas proteínas que presentan una carga negativa debido a sus grupos fosfato y que forman estructuras llamadas **nucleosomas**, estructuras formadas por ocho moléculas de histona que asemejan a perlas de un collar alrededor del cual se enrolla el ADN de doble cadena (Solomon *et al.*, 2013). En los procesos de compactación siguientes la doble hélice se irá agrupando hasta formar largas fibras (Figura 2.).

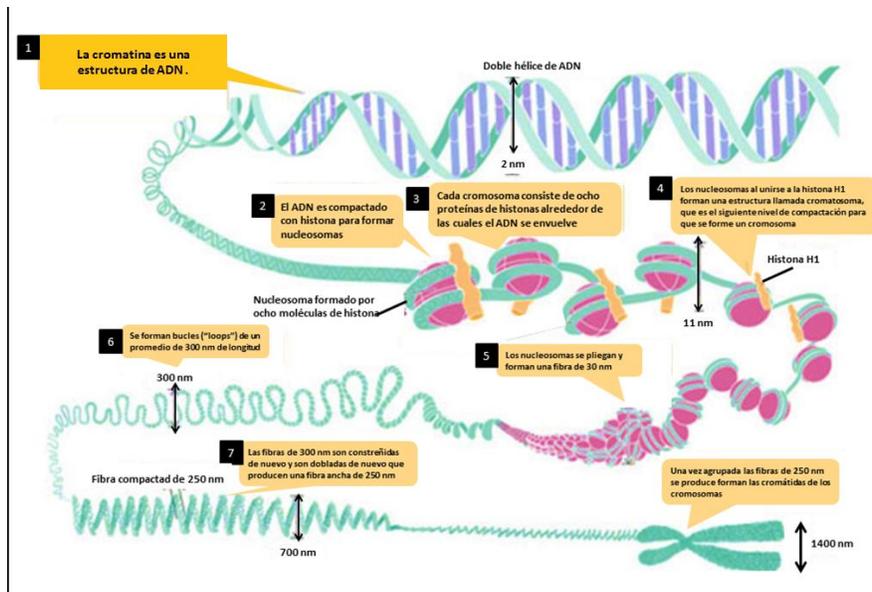


Figura 5. *Empaquetamiento del ADN hasta la agrupación de los cromosomas.* Tomado y modificado de “La cromatina” (2018) (En línea): <https://www.asturnatura.com/articulos/nucleotidos-acido-nucleico-adn/cromatina.php>

Los cromosomas empaquetados tienen una forma definida, en la que se observa una región que se encuentra condensada o constreñida llamada centrómero y que le da su aspecto particular. El resto de material genético que se encuentra a los lados del centrómero organizado en fibras largas forma los “brazos” del cromosoma (Pierce, 2016). El brazo más corto se encuentra por encima del centrómero y se le denomina brazo p; mientras que el brazo más largo está por debajo y se le conoce con el nombre de brazo q. En cada brazo del centrómero se encuentran diferentes genes que más tarde expresarán una o más característica en el individuo (Figura 3.) (Pierce, 2016).

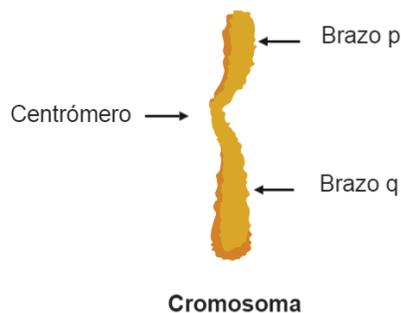


Figura 6. *Estructura de un cromosoma.* (Elaboración propia con BioRender).

En los organismos eucariontes existen dos tipos de división celular: la **mitosis** y la **meiosis**. La mitosis ocurre en **células somáticas** y la meiosis sucede en **células sexuales**.

Las células somáticas son todas las células del cuerpo que no están especializadas para la reproducción y son **células diploides** (Purves *et al.*, 2004). Las células sexuales o gametos son células especializadas para la reproducción sexual, que al unirse forman una sola célula llamada cigoto (Solomon *et al.*, 2013) y son **células haploides**.

Las células diploides contienen dos copias de cada cromosoma. Las dos copias de un cromosoma dado son llamadas homólogas o **cromosomas homólogos** y, cada uno, deriva de cada uno de los progenitores (Figura 6) (Watson *et al.*, 2014; Brown, 2018; Alberts *et al.*, 2015).

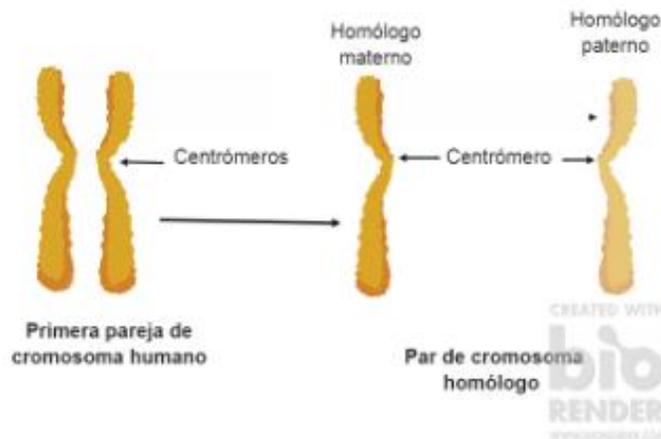


Figura 5. *Cromosomas homólogos*. En una pareja de cromosoma humano el homólogo materno (amarillo oscuro) corresponde a una de las cromátidas y la otra cromátida (amarillo claro) representa el homólogo paterno (elaboración propia con BioRender).

Los cromosomas que conforman el par homólogo son similares en tamaño y apariencia y tienen información genética correspondiente, aunque generalmente no es idéntica (Purves *et al.*, 2004 y Salomon *et al.*, 2013).

Las células haploides contienen una sola copia de cada cromosoma y están involucradas en la reproducción sexual (Watson *et al.*, 2014; Brown, 2018).

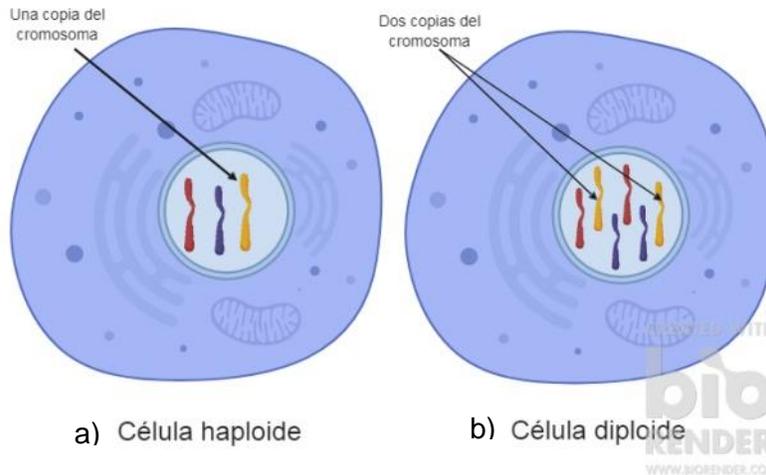


Figura 6. Célula haploide y diploide. Se observa una célula que tiene tres cromosomas distintos: (cromosoma rojo, azul y amarillo. En la figura a) cada uno de los cromosomas tiene solo una copia de cada cromosoma por lo cual es una célula haploide. En la figura b) cada uno de los cromosomas tiene dos copias por lo cual se le denomina célula diploide. (Elaborado con BioRender).

El número de cromosomas o número cromosómico que tiene la célula haploide es representado por la letra n y, representa la cantidad de ADN que hay en el núcleo, en las células diploides este número es representado como $2n$ (Purves *et al.*, 2004; Salomon *et al.*, 2013; Watson *et al.*, 2014) (Figura 7). Otros autores como Karp *et al.*, (2013) representan la cantidad de material genético con la letra C y utilizan la nomenclatura de n y $2n$, para referirse a las células haploides y diploides, respectivamente.

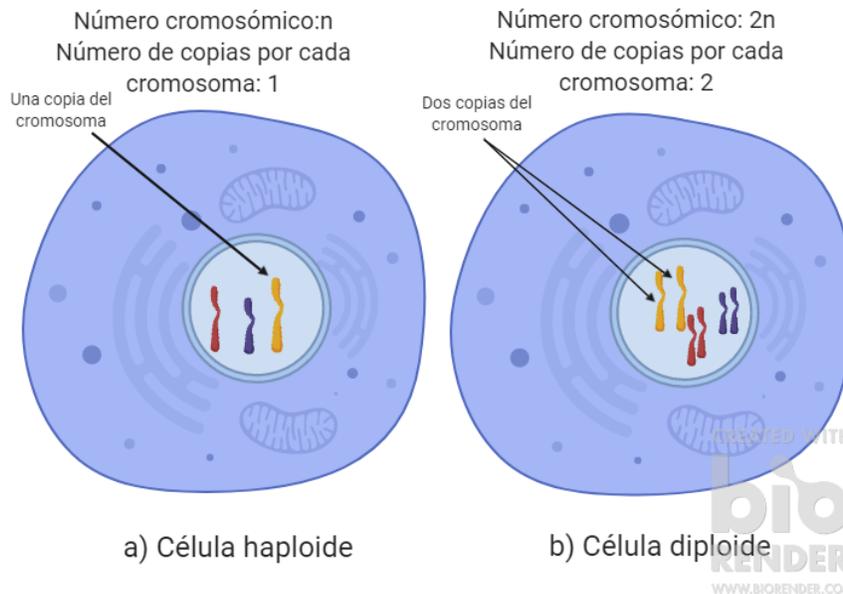


Figura 7. Número de cromosómico. En las células haploides el número cromosómico se representa como n y en las diploides como $2n$. Es importante señalar que estos no son sinónimos, aunque en la literatura se encuentren de esta forma: haploide (n) y diploide ($2n$).

En los seres humanos el número cromosómico diploide es de 46 cromosomas y el número haploide es de 23 cromosomas, así, $n= 23$ y $2n= 46$ (Solomon *et al.*, 2013) (Figura 8).

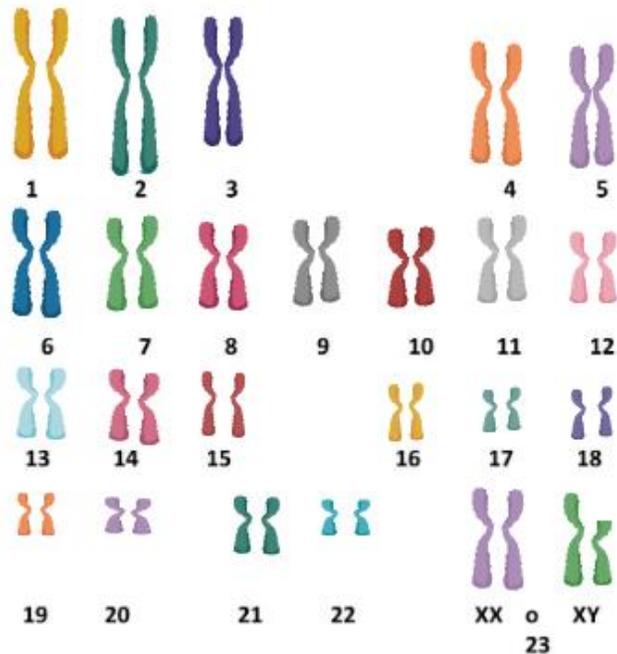


Figura 8. Número y copia de cromosomas en los seres humanos. Los seres humanos tienen 23 cromosomas diferentes cada uno con su respectiva copia. En total suman 46 cromosomas, agrupados en 22 pares autosómicos y el par 23 corresponde a los cromosomas sexuales, que pueden ser XX si es un individuo con características femeninas o XY característico de individuo masculino (elaborado con BioRender). En la imagen cada par de cromosoma está representado por un color distinto pues el ADN de cada cromosoma tiene una secuencia de nucleótidos específica que se tiñe con un tinte específico, de modo que cada par homólogo comparte un color distintivo.

4.1.1. Meiosis

La meiosis involucra dos rondas de división celular: **meiosis I** y **meiosis II**, que resultan en la formación de cuatro células con la mitad del material genético del contenido normal de las células diploides, es decir, son haploides y son diferentes cada una entre sí.

La meiosis es precedida por una interfase en la que se llevan a cabo las fases del ciclo celular: G1, S y G2. Durante la fase S meiótica, cada cromosoma homólogo genera una copia que se mantiene unida al cromosoma original. Cada cromosoma del par duplicado se llama **cromátida**, y las dos cromátidas de un par dado recibe el nombre de **cromátida hermana** (Watson *et al.*, 2014; Brown *et al.*, 2018) (Figura 9).

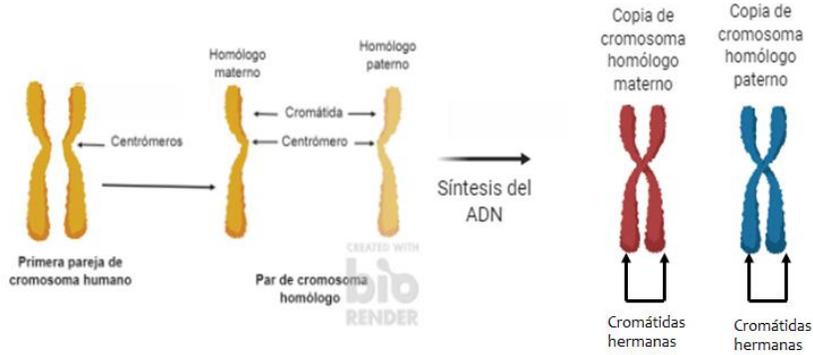


Figura 9. *Pareja de cromosoma duplicado.* La pareja de cromosoma, que tiene un cromosoma homólogo materno y un cromosoma paterno, entra a la fase S en la que ocurre una duplicación del material genético y se generan una copia de cada cromosoma homólogo. La copia de cada cromosoma homólogo reciben el nombre de cromátida hermana (Elaboración propia con BioRender).

En los seres humanos las células que comienzan la meiosis tienen un total de 96 cromátidas, 46 pares de cromátidas hermanas, que se originaron de 23 pares de cromosomas homólogos (Figura 10).

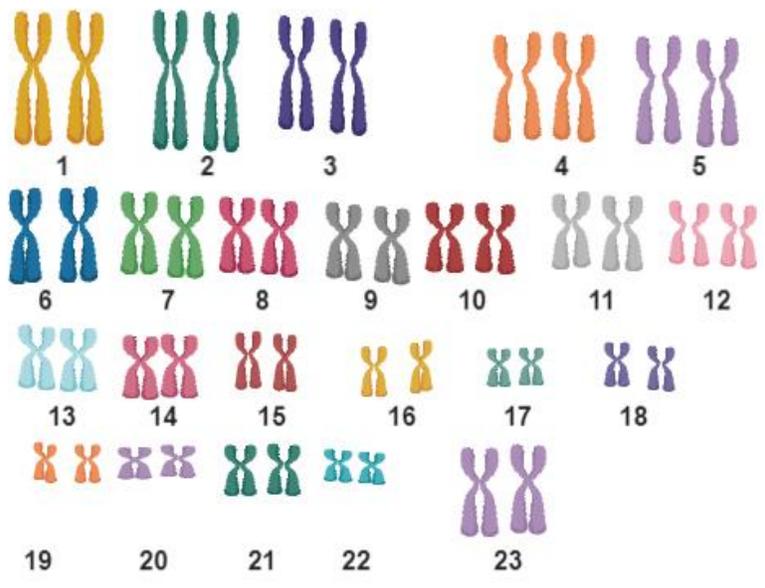


Figura 10. *Cromosomas duplicados antes de entrar en la meiosis I.* Se observan un total de 96 cromátidas agrupadas en 46 pares distintos de cromosoma. En total cada cromosoma tiene cuatro copias y un número cromosómico de $4n$. Elaboración propia con BioRender.

Meiosis I

Las meiosis I comprende 4 fases: **profase I**, **metafase I**, **anafase I** y **telofase I**. De ahora en adelante para distinguir cada copia del cromosoma se usarán los colores rojo (homólogo materno) y azul (homólogo paterno).-(Figura 11).

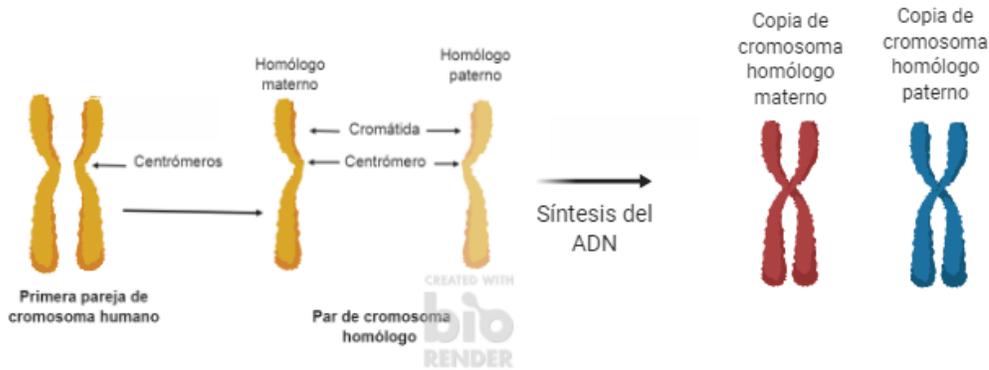


Figura 11. *Cromosomas homólogos duplicados.* Una vez que ocurre la síntesis de ADN observamos dos cromosomas homólogos duplicados, cada uno con dos copias del cromosoma inicial.

Una vez que ocurre la interfase (Figura 12-a), comienza la **profase I**, que es una etapa compleja que se divide en varias etapas: leptoteno, cigoteno, paquiteno, diploteno y diacinesis (Karp et al., 2013).

En la primera etapa, el leptoteno, los cromosomas se tornan visibles y el ADN comienza a agruparse (Figura 12-b). En la segunda etapa, el cigoteno, los cromosomas homólogos se asocian y se emparejan uno con el otro y ocurre lo que se conoce como: **sinapsis**, que consiste en puntos de unión entre los cromosomas y que sucede gracias a un complejo de proteínas llamado **complejo sinaptonémico** (Figura 12-c) (Karp et al., 2013; Watson et al., 2014).

El complejo sinaptonémico formado por el par de cromosomas homólogos se denomina bivalente o tétrada. El primer término se refiere a que, dentro del complejo sinaptonémico hay dos cromosomas homólogos, mientras que el segundo se refiere a la presencia de cuatro cromátidas (Watson et al., 2014).

En el paquiteno, el complejo sinaptonémico está completamente formado y ocurre el proceso de **recombinación genética** o **crossing over** entre los cromosomas emparejados (Watson et al., 2014; Karp et al., 2016) (Figura 12-d).

El proceso de recombinación sucede entre las cromátidas no hermanas y consiste en un intercambio recíproco de ADN, entre un cromosoma materno y un cromosoma paterno. Más tarde la cromátida hermana se traslada a un gameto, transportando algo de ADN de uno de los padres del individuo y algo de ADN del otro padre, lo que significa que, la cromátida hermana recombinante tiene una

combinación de genes maternos y paternos que no existían antes del cruce (Figura 13).

En el diploteno, ocurre la disolución del complejo sinaptonémico, aunque se observan puntos específicos en donde están unidos los cromosomas por estructuras con forma de X, llamadas quiasmas, que se ubican en el sitio donde ocurrió el *crossing over* (entrecruzamiento) (Figura 12-e).

Durante la etapa final de la profase I, en la diacinesis, el huso meiótico se ensambla y las fibras de este se unen a las proteínas del cinetocoro que se encuentra rodeando el centrómero de los cromosomas; los cromosomas se preparan para su separación; el nucléolo desaparece y sucede la rotura de la envoltura nuclear (Figura 12-f).

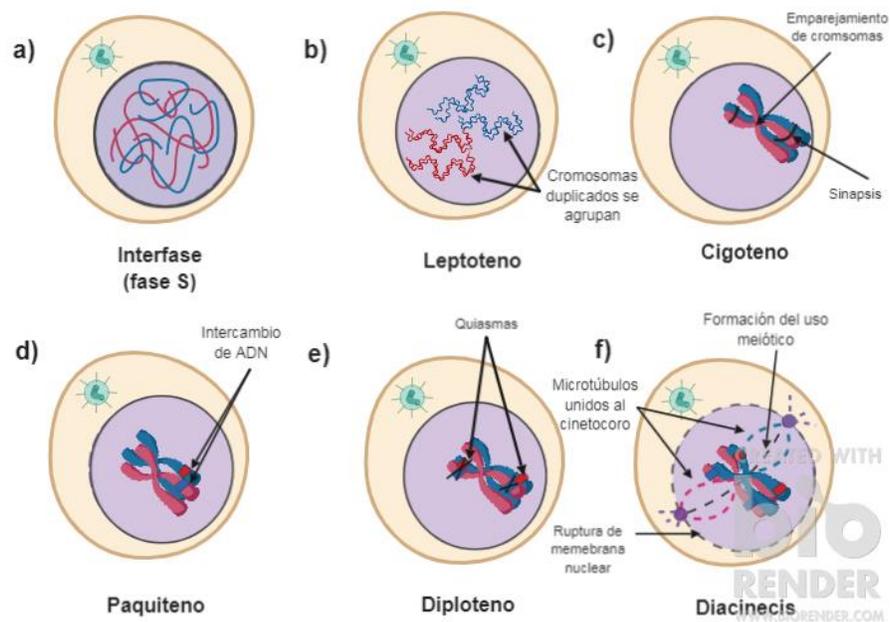


Figura 12. Etapas de la profase I. Una vez duplicados los cromosomas en la interfase (a), los cromosomas comienzan a condensarse (b) y se alinean uno junto del otro (c) para recombinarse (d), enseguida se observan los puntos de unión (e) y, hacia el final de la profase se forma el huso meiótico y se disuelve la envoltura nuclear (f). (Elaboración propia en BioRender).

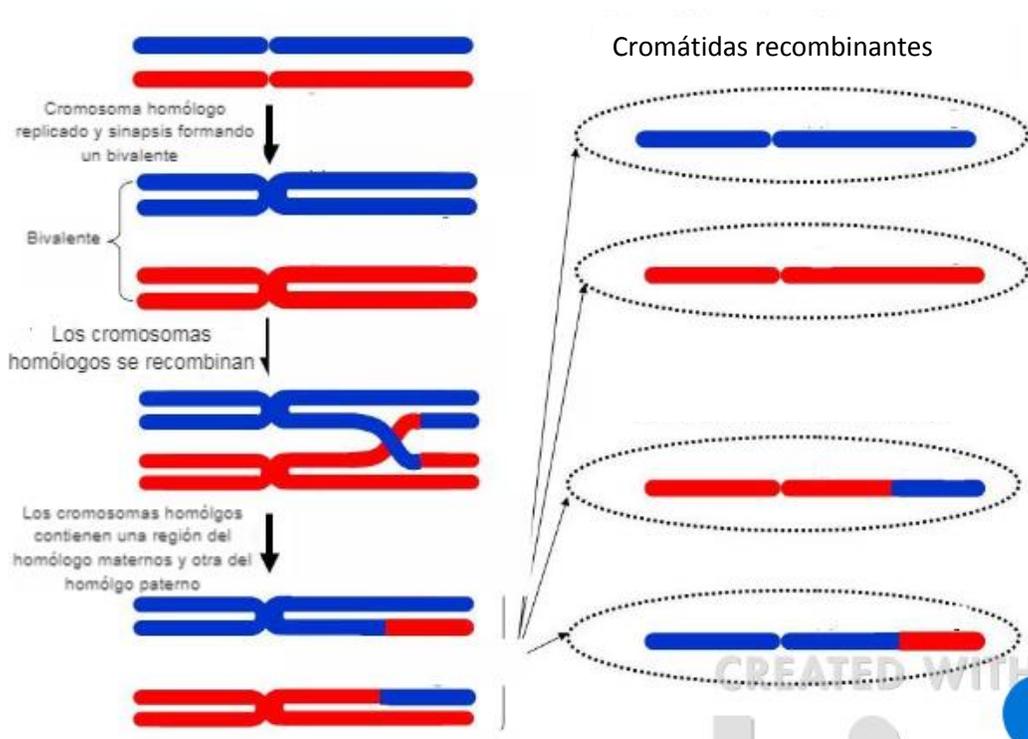


Figura 13. Recombinación entre cromosomas homólogos. Se observa el intercambio de material genético donde el cromosoma paterno (azul) intercambia una parte de ADN con la cromátida del cromosoma materno (rojo). El intercambio de ADN da como resultado que las cromátidas sean todas diferentes entre sí (Elaboración propia con BioRender).

Una vez concluida la profase, inicia la **metafase I**, los cromosomas homólogos en tétradas se mueven hacia el centro de la célula con los cinetocoros enfrentados a polos opuestos (Figura 14).

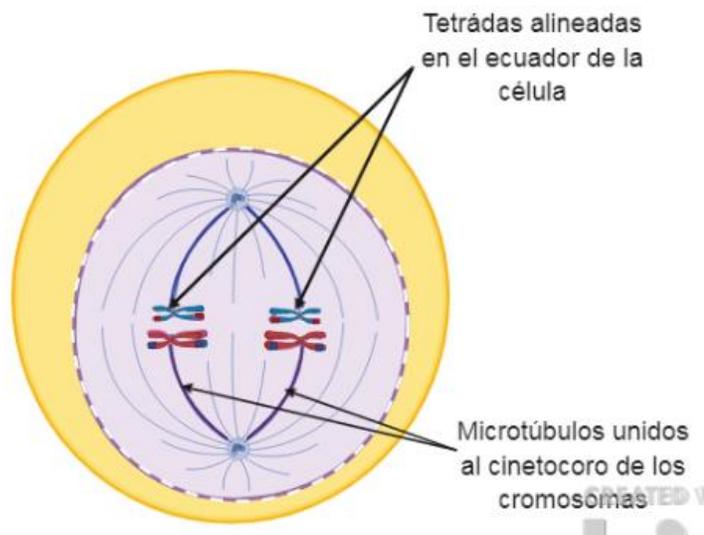


Figura 14. Metafase I. Se observan las tétradas en el ecuador de la célula y cada cromosoma homólogo y sus cromátidas están unidas a un microtúbulo. (Elaboración propia en BioRender).

La orientación de cada par de cromosomas homólogos en el centro de la célula es aleatoria. El hecho de que esta disposición sea aleatoria resulta en que, al momento de la separación de los cromosomas homólogos, en la **anafase I**, existan múltiples formas en las que se segreguen los cromosomas (Figura 15).

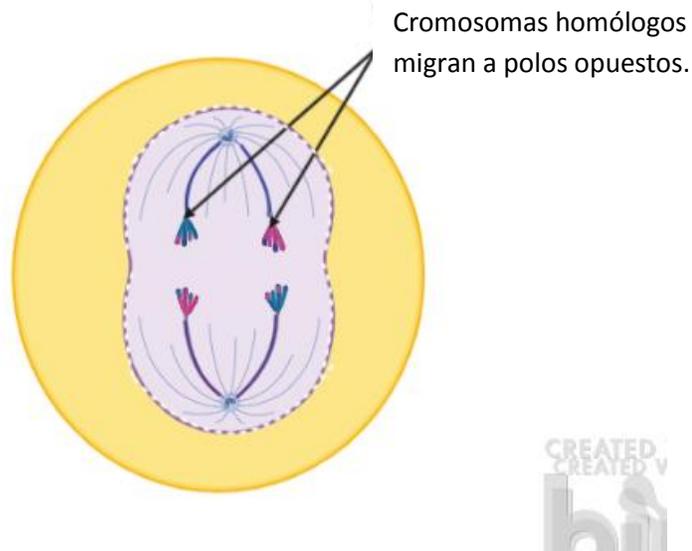


Figura 15. *Anafase I.* Las tétradas se disocian y los cromosomas homólogos migran hacia los polos opuestos. En cada polo solo hay uno de los dos cromosomas homólogos duplicados. (Elaboración propia en BioRender).

En la anafase I cualquier cromosoma de herencia materna puede migrar a cualquiera de los polos y cualquier cromosoma de herencia paterna puede, también, moverse a cualquiera de los polos.

El número de variaciones depende del número de cromosomas que conforman un conjunto. Hay dos posibilidades de orientación (para cada cromosoma homólogo); por lo tanto, el número posible de alineaciones es igual a 2^n donde n es el número de cromosomas por conjunto. Los seres humanos tienen 23 pares de cromosomas, lo que da como resultado más de ocho millones (2^{23}) de posibilidades, este número no incluye la variabilidad creada previamente en las cromátidas hermanas por la recombinación (Brown, 2012)

En la **telofase I**, los cromosomas separados completan su migración a los polos opuestos. El resto de los eventos típicos de telofase I que son: la dispersión de los

cromosomas y la regeneración de la envoltura nuclear pueden o no ocurrir, antes de que inicie la meiosis II (Brown, 2012) (Figura 16).

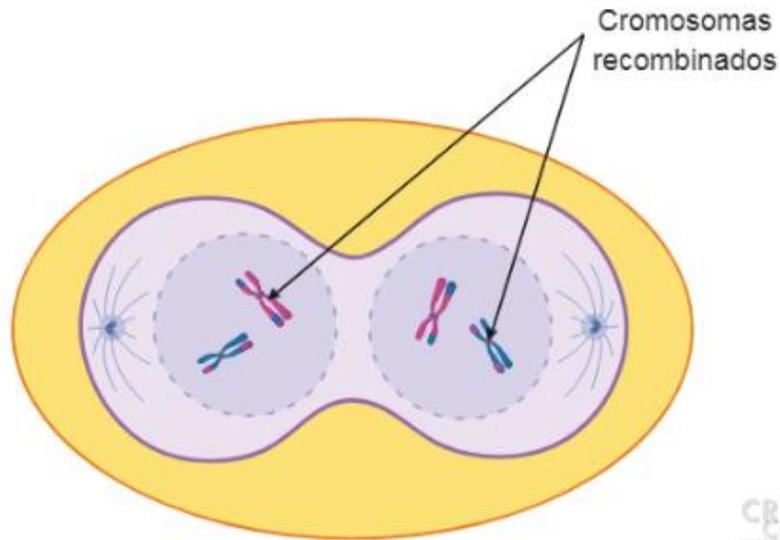


Figura 16. *Telofase I.* Cada cromosoma homólogo migra a un polo opuesto del uso meiótico. En cada polo solo está uno de los pares de cromosoma homólogo antes emparejados. Elaboración propia en BioRender

Una vez que los cromosomas alcanzan los polos ocurre la **citocinesis** en la que se separan las dos nuevas células, las células contienen una cantidad de material genético de $2n$ (Watson et al., 2014). La etapa que ocurre entre la meiosis I y la meiosis II recibe el nombre de **intercinesis**.

Meiosis II

La segunda división meiótica, meiosis II, es muy similar a la mitosis. Sin embargo, antes de entrar a esta etapa los cromosomas recombinados no se duplican.

En la **profase II** los cromosomas se recondensan y se forma de nuevo el huso meiótico en donde los microtúbulos de cada polo opuesto se ensamblan (unen) a uno de los cinetocoros que se forman en los centrómeros de las cromátidas hermanas (Figura 17-a). En la **metafase II**, las cromátidas hermanas se alinean al máximo en el centro de la célula (Figura 17-b).

La segunda ronda de segregación de los cromosomas ocurre en la **anafase II**, las cromátidas hermanas son separadas por las fibras del huso y se mueven hacia polos opuestos (Figura 17-c).

En la **telofase II**, los cromosomas llegan a los polos opuestos y comienzan a descondensarse (Figura 17-d). Las envolturas nucleares se forman alrededor de los cromosomas.

La **citocinesis** separa las dos células en cuatro células haploides genéticamente únicas debido a la segregación aleatoria de los cromosomas homólogos paternos y maternos que ocurre en la anafase I y, a la recombinación de los segmentos maternos y paternos de cromosomas, con sus conjuntos de genes, que se produjo en la profase I (Figura 17-e).

La meiosis da como resultado 4 células que contienen la mitad de cromosomas que la célula original y que son diferentes entre sí.

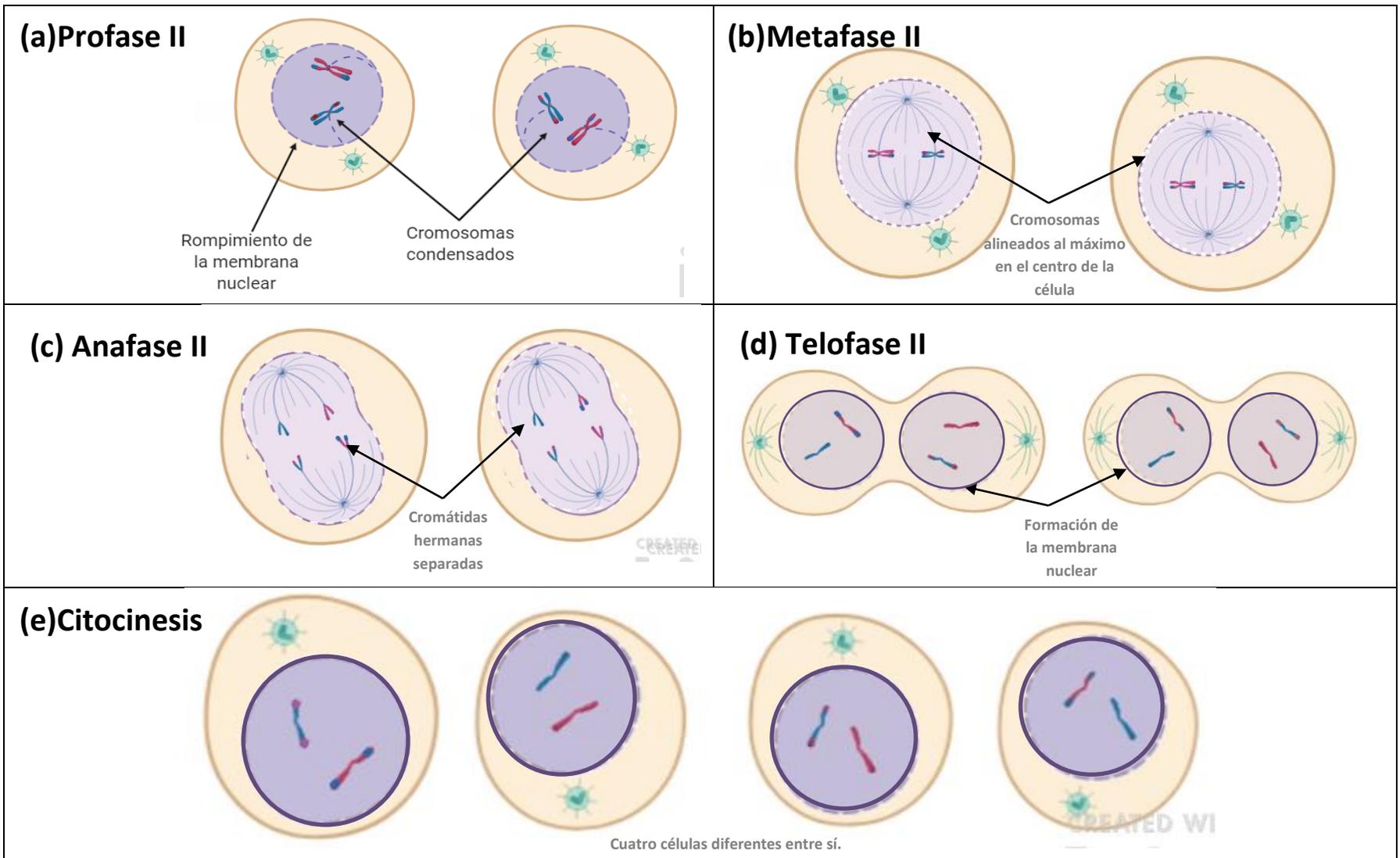


Figura 17. Etapas de la meiosis II. Primero se observa los cromosomas condensados, la formación del uso meióticos y la ruptura de la membrana nuclear (a). Después los cromosomas se alinean al plano ecuatorial (b). Ocurre la separación de cromátidas hermanas (c). En cada polo se encuentra una de las cromátidas hermanas recombinadas (d). Por último, ocurre la separación de los cromosomas en distintas células.

4.1.2. Gametogénesis

La gametogénesis es la producción de **gametos** (espermatozoides y óvulos), durante la cual ocurre el proceso de meiosis (Purves *et al.*, 2004; Karp *et al.*, 2013).

Los gametos son el producto de una línea germinal que está separada de los linajes de células somáticas, las cuales se dividen mitóticamente para generar las células del cuerpo.

Durante el desarrollo las células germinales migran a las gónadas, donde se alojan y proliferan por mitosis, produciendo una ovogonias u oogonias en hembras y espermatogonias en machos (Purves *et al.*, 2004). Las dos células son diploides y vuelven a multiplicarse por mitosis, que eventualmente formaran ovocitos primarios y espermatoцитos primarios, que son células diploides y tienen un contenido de material genético de $4n$ (Purves *et al.*, 2004; Karp *et al.*, 2013).

La producción de espermatozoides se llama **espermatogénesis** y la producción de óvulos se llama **oogénesis** u **ovogénesis**.

Espermatogénesis

La espermatogénesis es la vía de desarrollo de las células germinales a los espermatozoides maduros, en los seres humanos comienza en la pubertad, entre los 10 y 12 años de edad. El proceso ocurre en los **testículos**, en una red de conductos huecos, llamados los **túbulos seminíferos** (Figura 18).

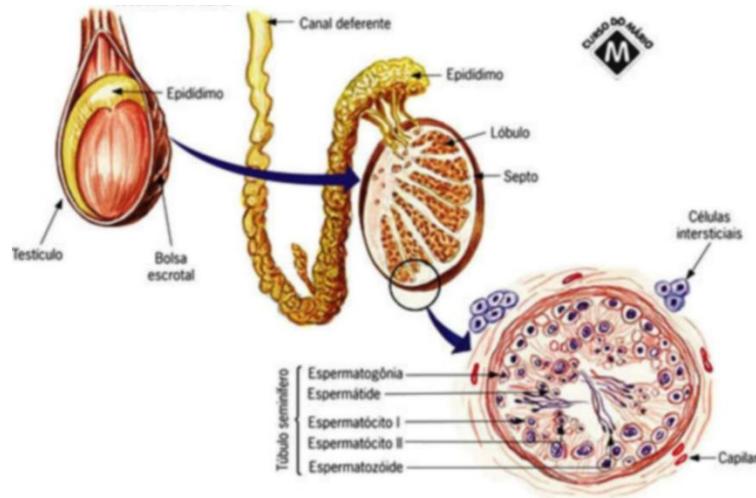


Figura 18. Anatomía de los testículos. Los testículos contenidos en la bolsa escrotal están formados por una red de tubos llamados tubos seminíferos que contienen células no diferenciadas (espermatogonias) tanto espermatocitos primarios y secundarios y, espermatozoides. Tomado de Serrano (2018).

Dentro de la red de tubos se encuentran las células de Sertoli, en las células del epitelio seminífero, que proveen de nutrientes a las espermatogonias, que son células no diferenciadas, y que darán origen a los espermatozoides.

Las células germinales no diferenciadas del epitelio seminífero al pasar por una división mitótica producen células llamadas **espermatogonias tipo A**, que a su vez pasan por otra mitosis para dar origen a los **espermatogonias tipo B**, que al realizar una última división mitótica generan un **espermatocito primario** (Figura 19-A).

El espermatocito primario o de primer orden entra en la primera división meiótica en donde ocurre la **profase I** (ocurre la sinapsis, recombinación, se observan los quiasmas y se forma el uso meiótico), la **metafase I** (las tétradas se alinean al ecuador), la **anafase I** (los cromosomas homólogo se separan y migran a polos opuestos) y la **telofase I** (los cromosomas homólogos separados llegan a los polos y se forma la membrana nuclear), una vez que termina la telofase I ocurre la **citocinesis** la membrana plasmática y las células se divide. Al terminar la meiosis I, las dos células que se forman reciben el nombre de **espermatocito secundario o de segundo orden** (Figura 19-B).

Los dos espermatocitos secundarios producto de la meiosis I entran a la **meiosis II**, en donde ocurren la **profase II** (se agrupan los cromosomas y se rompe la membrana nuclear), la **metafase II** (los cromosomas se sitúan en el medio de la célula), la **anafase II** (las cromátidas recombinantes se separan y migran a polos opuestos) y la **telofase II** (las cromátidas llegan a los polos opuestos) (Figura 19-C).

Las células haploides resultantes reciben el nombre de espermatidas, que entran en un proceso de diferenciación denominado **espermiogénesis** (Figura 19-D), en el que los espermatozoides adquieren su forma final.

La espermiogénesis consiste en varias fases (Figura 20). La primera fase consiste en la construcción de la vesícula acrosomal del aparato de Golgi, que forma una cubierta que recubre el núcleo del espermatozoide. Durante la formación del capuchón acrosomal el núcleo gira de manera que el capuchón se enfrenta a la lámina basal del túbulo seminífero. A medida que el núcleo gira, el flagelo comienza a formarse desde el centriolo, en el otro lado del núcleo y se extenderá hacia la luz del túbulo seminífero.

Durante la última etapa de la espermiogénesis, el núcleo se aplana y se condensa, el citoplasma restante (el cuerpo residual o gotita citoplasmática) se descarta y, las mitocondrias forman un anillo alrededor de la base del flagelo que servirá para la movilidad del espermatozoide.

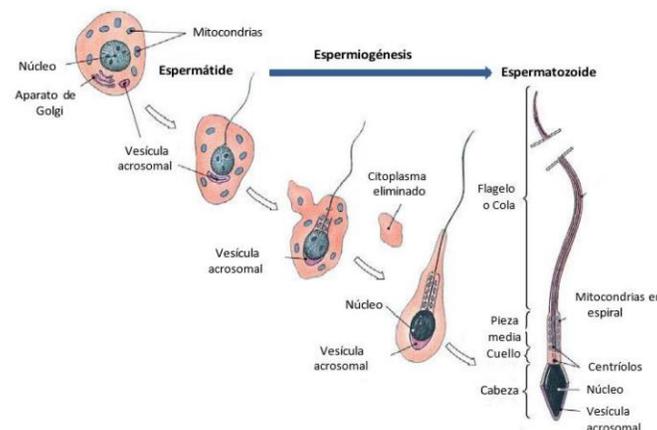


Figura 20. La espermiogénesis. Se observa la formación de la vesícula acrosomal y el flagelo. El movimiento de las mitocondrias en la base del flagelo. Tomado de Serrano (2018).

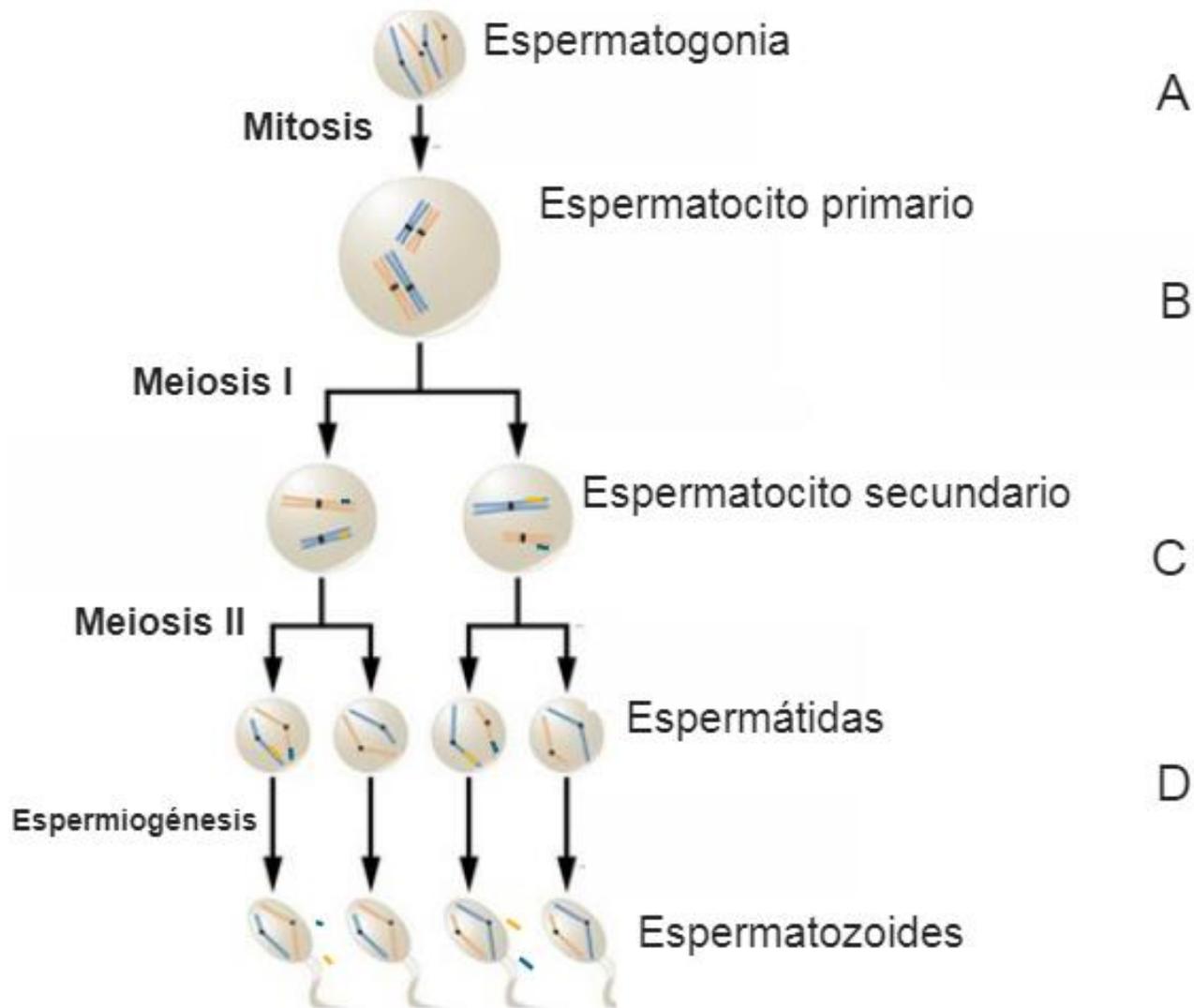


Figura 19. Etapas de la espermatogénesis. En la primera etapa se lleva a cabo la mitosis para la proliferación y diferenciación de las espermatogonias a los espermatoconos de primer orden (A), los cuales se entran a la primera división meiótica (B). Una vez culminada la primera división, los espermatoconos secundarios entran a la segunda división para dar origen a células haploides conocidas como espermátidas (C). Las nuevas células entran en el proceso de espermioagénesis a través del cual se formaran las características de los espermatozoides (D).

Oogénesis u ovogénesis

La producción de óvulos en los seres humanos comienza con una célula indiferenciada llamada ovogonia. Sin embargo, a diferencia de la espermatogénesis, en la ovogénesis la proliferación de **ovogonias** por medio de mitosis comienza durante la etapa embrionaria, desde el segundo hasta el séptimo mes de gestación y, da origen a células llamadas ovocitos primarios o de primer orden (Figura 21-a).

Al séptimo mes comienza la meiosis I con la profase I, pero los ovocitos primarios permanecen en la etapa de dictioteno hasta la pubertad entre los (10 y 14 años). En ese momento, la hormona luteinizante (LH) de la glándula pituitaria libera este bloqueo y permite que estos ovocitos reanuden la división meiótica (termina la profase I, la metafase I, la anafase I y la telofase I) que resulta en un **ovocito secundario** y el **primer glóbulo polar o cuerpo polar**⁵ (Figura 21-b).

La célula se divide de manera desigual pues la mayoría del material celular y los organelos se quedan en el ovocito secundario y, solo un conjunto de cromosomas y una pequeña cantidad de citoplasma va al cuerpo polar que no es viable.

El ovocito secundario entra a la segunda división meiótica que se detienen esta vez en la etapa de la metafase II. En la ovulación, este ovocito secundario se libera y viaja hacia el útero a través del oviducto.

Si el ovocito secundario es fertilizado, la célula continúa la **meiosis II**, produciendo un **segundo cuerpo polar** y un **óvulo** fertilizado que contiene los 46 cromosomas de un ser humano, la mitad de los cuales proviene del espermatozoide (Figura 21-c). En resumen, la producción de óvulos comienza antes del nacimiento, se detiene durante la meiosis hasta la pubertad y luego las células individuales continúan la meiosis II en cada ciclo ovárico. Se produce un óvulo a partir de cada proceso meiótico y, los cromosomas y las cromátidas adicionales entran en los cuerpos polares que -degeneran y son reabsorbidos.

⁵ El cuerpo polar es una célula diminuta no funcional casi sin citoplasma, que se produce durante la meiosis cuando se forma el ovocito maduro.

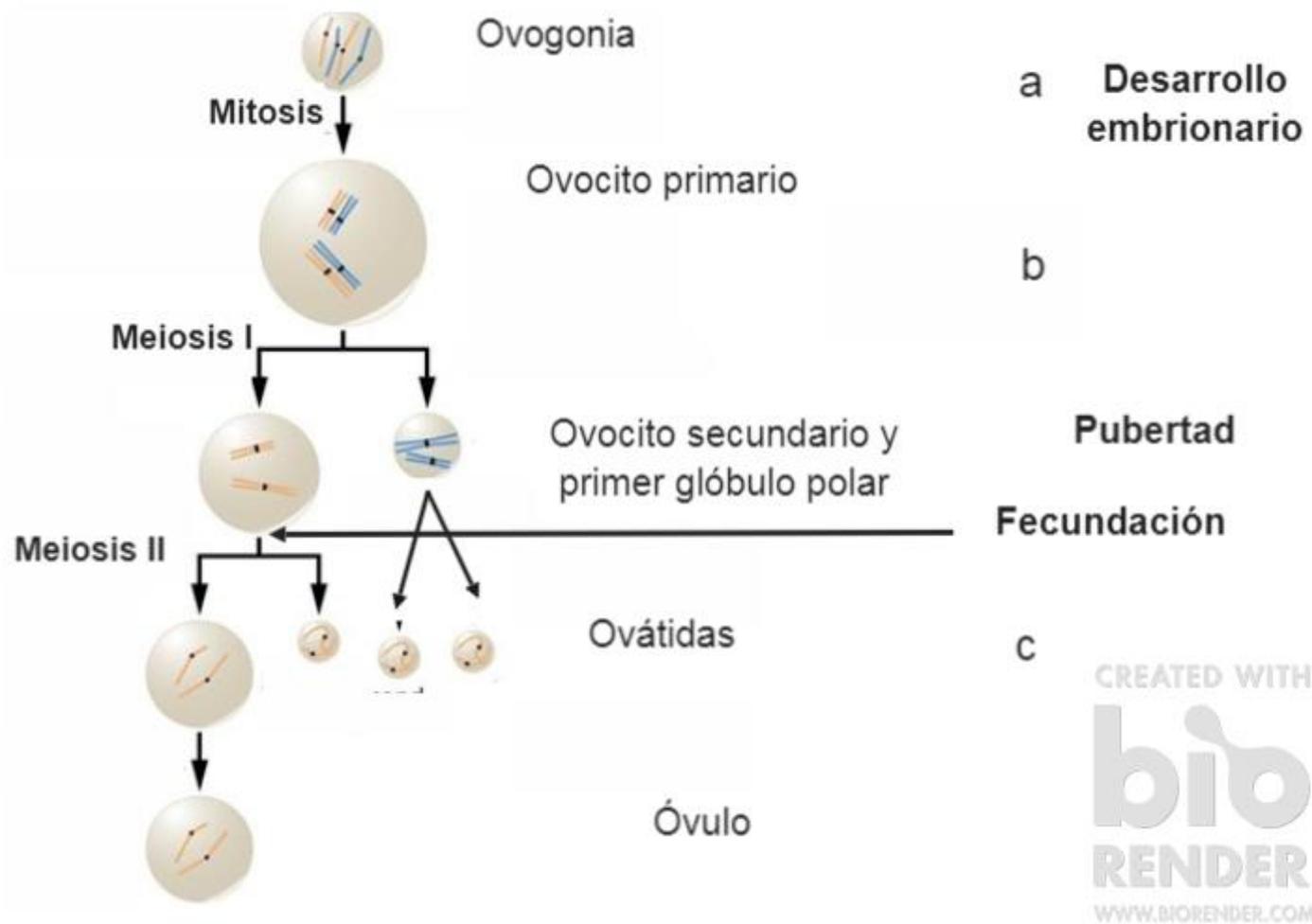


Figura 21. *Etapas de la ovogénesis.* La primera etapa (a) se lleva a cabo durante el desarrollo embrionario donde las ovogonias llegan a la primera fase de la meiosis I. Una vez que la pubertad llega se reanuda la meiosis I finaliza (b). Solo si la célula es fecundada se termina la segunda división meiótica

4.2. Marco psicopedagógico y el uso de recursos audiovisuales en la enseñanza-aprendizaje

En esta sección se describe y detalla el marco teórico psicopedagógico sobre el cual se sustenta el trabajo que es el Constructivismo. Primero se define qué es el constructivismo, sus principales características y se describe la teoría de Piaget. En segundo lugar, se menciona cómo este se lleva a cabo en el aula durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por último se aborda la importancia y las bondades de los recursos audiovisuales en la enseñanza-aprendizaje.

4.2.1. Constructivismo

El constructivismo en sus orígenes surge como una corriente epistemológica preocupada por discernir como ocurre la formación de conocimiento. Se plantea como una teoría contraria al racionalismo y empirismo.

El racionalismo plantea que el conocimiento es posibilitado por la presencia de capacidades innatas presentes en el sujeto; mientras que, el empirismo postula que el conocimiento es una copia de los objetos de conocimiento con los que el sujeto se relaciona a través de las experiencias (Piaget, 1977; Araya et al., 2007).

De acuerdo con Piaget (1977) la teoría constructivista postula que el conocimiento se construye a partir de la interacción del sujeto con los objetos de conocimiento.

El conocimiento es una asimilación o interpretación de los datos de la realidad a los esquemas mentales o sistemas cognitivos que posee el sujeto y son los que transforman o decodifican los datos obtenidos, por lo que, el conocimiento está en continua construcción y deconstrucción (Piaget, 1977).

El constructivismo, según Piaget (1977) como teoría epistemológica tiene como principales características:

- La construcción del conocimiento ocurre cuando el sujeto al interactuar con los objetos físicos y sociales crea construcciones mentales de la realidad.
- Las construcciones mentales que crea el sujeto cognoscente no son una copia de la realidad sino una interpretación.
- Las construcciones e interpretaciones mentales que se generan acerca del mundo están en constante cambio.

La teoría de Piaget

La teoría del constructivismo, también llamada constructivismo psicogenético fue propuesta por el psicólogo suizo Jean Piaget para explicar cómo el sujeto construye sus conocimientos y aprende a lo largo de su vida y, como este se ve influenciado por la etapa de desarrollo biológico y psicológico en el que se encuentra (Piaget, 1977; Palacios, 1997). La problemática central de esta teoría es saber cómo se pasa de un cierto nivel de conocimiento (estadio) a otro de mayor complejidad (Hernández-Rojas, 1997).

Para Piaget (1977) el aprendizaje depende del desarrollo de estructuras cognitivas generales, que se denominan esquemas que son los ladrillos de toda la construcción del sistema intelectual o cognitivo.

El desarrollo cognitivo no es consecuencia de la suma de pequeños aprendizajes puntuales, sino que está regido por un proceso de adaptación que permite un proceso de equilibración que incluye dos procesos simultáneos: la asimilación y la acomodación (Hernández-Rojas, 1997; Palacios, 1997; Pozo, 2006).

Los procesos de asimilación y de acomodación suceden cuando en el proceso de equilibración ocurre una perturbación o conflicto cognitivo que ocasiona una contradicción entre los conocimientos que posee el sujeto y se produce un desequilibrio (Hernández-Rojas, 2008). Para llegar al equilibrio el sujeto debe buscar respuestas, plantearse interrogantes, investigar, descubrir hasta llegar al conocimiento que le permita volver de nuevo al equilibrio cognitivo (Rodríguez-García, 2012).

La asimilación es el proceso a través del cual el sujeto interpreta la información que proviene del medio, en función de sus esquemas o estructuras conceptuales disponibles. Sin embargo, si el sujeto solo realizará este proceso gran parte de sus conocimientos serían fantásticos y conducirían a continuas equivocaciones debido a que asume que la forma en que interpreta el mundo es así. Es decir, el sujeto asume que las cosas son como quiere o pretende que sean y no como en realidad son.

Para que el sujeto pase de interpretar el mundo como quiere que sea a ser como en realidad es, sin que esta interpretación sea una copia de la realidad, necesita que ocurra el proceso de acomodación (Pozo, 2006).

La acomodación es cualquier modificación de un esquema asimilado o de una estructura, modificación causada por los elementos que se asimilan (Pozo, 2006). La adquisición de un nuevo concepto o el aprendizaje de este, puede modificar toda la estructura conceptual precedente e integrarse, en un proceso de adaptación.

La adaptación, según Hernández-Rojas (1997) es una tendencia de ajuste hacia el medio, donde la información que entra al sujeto se relaciona con la experiencia previa (organizada en esquemas) y se interpreta y da significado para después integrarlo en sus esquemas.

Entre las respuestas adaptativas están las de tipo: a) alpha en donde el sujeto no integra en sus estructuras el conocimiento nuevo; b) respuesta beta, que ocurre cuando el elemento se integra al sistema de conocimientos pero como un caso más de variación en el interior de la estructura organizada, es decir, la información se integra, pero no se modifica y, c) la respuesta de tipo gamma, en donde se modifican las estructuras cognitivas para integrar la nueva información (Pozo, 2006).

Se puede decir que el desarrollo de los esquemas mentales se basa en una tendencia a un equilibrio creciente entre la asimilación y la acomodación que parte de un desequilibrio y que permiten el aprendizaje o cambio cognitivo (Hernández-

Rojas, 2008; Rivero, 2009). En la educación de las ciencias este cambio cognitivo es interpretado como un cambio conceptual (Palacios, 1992; Bello, 2004; Canedo-Ibarra et al., 2012).

El cambio conceptual es un ejemplo de los procesos constructivos en la adquisición o generación de conocimientos que define la teoría constructivista de Piaget, debido a que el aprendizaje de la ciencia, se basa en un enriquecimiento o incremento de conocimientos que obligan al sujeto de aprendizaje a realizar una reestructuración de ideas e interpretaciones del mundo, a partir de un conflicto cognitivo que lo lleve a una acomodación conceptual que involucra un proceso de ajuste y sustitución de sus ideas previas por los conceptos componentes de la teoría científica (Pozo, 1996; Bello, 2004; Raynaudo & Peralta, 2017).

El cambio conceptual puede ser definido como un proceso de construcción en el que el sujeto de aprendizaje realiza una reestructuración gradual de sus preconcepciones o ideas previas para organizar los conocimientos científicos a su estructura mental (Bello, 2004; Canedo-Ibarra et al., 2012; Raynaudo & Peralta, 2017).

Las ideas previas, también llamadas, preconcepciones, ideas alternativas o errores conceptuales son construcciones personales que ha fabricado el sujeto a lo largo de su vida debido a la interacción directa con el mundo de los objetos, pero también por la influencia de la cultura y de la educación (Bello, 2004; Pozo, 2006).

Las preconcepciones están organizadas en forma de teorías implícitas con características bien diferenciadas de las teorías científicas y debido a que éstas han sido elaboradas para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales y brindar explicaciones, descripciones o predicciones muchas veces resisten al cambio a pesar de los largos años de educación escolarizada (Bello, 2004; Pozo, 2006).

El constructivismo en el proceso de enseñanza-aprendizaje

En el proceso de enseñanza-aprendizaje el constructivismo de Piaget se ve reflejado en las características y acciones que llevan a cabo tanto el docente como el alumno.

El alumno es visto como un constructor activo de su propio conocimiento, con un nivel específico de desarrollo cognitivo, que se enfrenta de manera directa con lo que intenta conocer, es un alumno que se equivoca pero cuyos errores lo llevarán a situaciones cognitivo-reflexivas que le permitirá progresar en la construcción del conocimiento y su aprendizaje logra ser en realidad significativo para que pueda ser transferido o generalizado a otras situaciones (Hernández-Rojas, 1997, 2008).

De acuerdo con Hernández-Rojas (1997), el docente es un promotor del desarrollo y de la autonomía de los estudiantes, conoce los problemas y las características del aprendizaje de los alumnos así como la etapa y estadio de desarrollo cognoscitivo general.

Entre las actividades del docente se encuentran: promover una atmósfera de reciprocidad, respeto y autoconfianza para que los estudiantes aprendan; propiciar el planteamiento de problemas y conflictos cognitivos; respetar los errores y el ritmo de aprendizaje y; reducir el nivel de autoridad en la medida de lo posible evitando el uso de recompensa y castigo.

En la perspectiva constructivista se favorece la enseñanza indirecta, en donde el docente favorece la iniciativa y la curiosidad del estudiante ante distintos objetos de conocimiento, para que ocurra la autoestructuración y el autodescubrimiento de los contenidos escolares (Hernández-Rojas, 1997).

4.2.2. El uso de recursos audiovisuales (imágenes, esquemas y videos) en la educación y la enseñanza-aprendizaje de las ciencias

En la década de 1920 los avances en la cinematografía permitieron que catedráticos y pedagogos utilizaran nuevos materiales audiovisuales como apoyo

para hacer llegar a los educandos, de una forma más directa, las enseñanzas más complejas y abstractas (Barros-Bastida & Barros-Morales, 2015).

Los nuevos medios audiovisuales que llegaron a las aulas fueron los retroproyectores, los proyectores de diapositivas, los magnetófonos, los proyectores de cuerpos opacos, se utilizaron con el fin facilitar la presentación y/o comprensión de la información (Barros-Bastida & Barros-Morales, 2015).

El uso de los medios audiovisuales en la educación originó lo que se conoce como: educación audiovisual.

La educación audiovisual va más allá del uso de materiales audiovisuales en el aula, implica pues, tomar en cuenta el contexto cultural en el que se utilizan los materiales, resignificar el papel del alumno y el docente; garantizar la capacitación del personal e incorporar los recursos audiovisuales al currículo escolar mediante el proceso de enseñanza-aprendizaje (Aparici, 1995; Morfin-Carmona et al, 2008; Barros-Bastida & Barros-Morales, 2015).

Los materiales audiovisuales forman parte de los recursos didácticos denominados multisensoriales debido a que aproxima la enseñanza a la experiencia directa utilizando como vías la percepción, el oído y/o la vista, de manera que recrea imágenes, palabras y sonidos (Ramos, 2004; Barros-Bastida & Barros-Morales, 2015).

De acuerdo con Tomás (2009) los recursos audiovisuales se pueden clasificar en:

Tipo de medio	Utiliza	Tipos	Ejemplos
Visual	La imagen y el texto	Proyectable	Diapositivas, transparencias, esquemas y proyección de opacos.
		No proyectable	Cine, televisor, video y ordenador.
Acústico	Sonido, grabaciones, registros de voz.		Discos, mp 3, <i>potcast</i> .
Audiovisual	Combinan imágenes y sonido:		Cine, televisor, video y ordenador.

Tabla 3. Clasificación de los medios audiovisuales. Elaborado con base en Tomás (2009).

Para el uso correcto de estos en el aula, Tomás (2009) considera necesario seguir pautas para su elaboración y utilización. Entre las recomendaciones se encuentran:

- La planificación del proceso de enseñanza-aprendizaje
- La selección del medio audiovisual a utilizar
- La presentación y utilización del material audiovisual
- La realización de actividades posteriores a la presentación del montaje

A continuación se detalla sobre los tres recursos audiovisuales elegidos:

a) La imagen

La imagen es un representación de seres, objetos o fenómenos de carácter gráfico (en papel o audiovisual) o mental (se genera a partir de un proceso de abstracción más o menos complejo) (Perales-Palacios, 2006).

Las imágenes pueden ser descriptivas, cuando especifican los detalles figurativos de los objetos y conceptos representados; contextuales cuando proporcionar el

tema o la organización para otra información que puede precederla o seguirla; temporales al informar sobre una secuencia de sucesos y; enfática, cuando dirige la atención hacia otra información (Llorente, 2000).

El papel de la imagen en la enseñanza-aprendizaje tiene una riqueza visual pues:

- Atrae la atención pues estimulan el interés de los estudiantes hacia un tema determinado.
- Ayuda a la memoria y retención de contenido ya que los alumnos, en general, recuerdan más fácilmente una imagen que un texto o escrito
- Permite hacer comparaciones entre distintos elementos y permite analizar con detalle las distintas fases de los procesos complejos
- Facilita la instrucción complementando las explicaciones verbales u orales con contenidos icónicos concretos de fácil comprensión
- Ayuda a simplificar o sintetizar realidades complejas
- Permite ver realidades poco accesibles habitualmente como imágenes de un microscopio, telescopio, etc.
- Proporciona descripciones vivas para articular la información tácita y el conocimiento que a través del texto y que verbalmente resultan difíciles de articular

(Marqués, 1999; Llorente, 2000; Pacheco, 2011).

b) Los esquemas o dibujos esquemáticos

Dentro de la literatura los esquemas son incluidos como parte de los recursos audiovisuales que se utilizan para explicar contenido científico.

Los esquemas se definen como representaciones gráficas que permiten describir un objeto o estructura y las partes que constituyen, pero de manera sencilla y, dejando claro la relación que guardan cada una de las partes con el todo. En el esquema se explican los procesos que se llevan a cabo en las partes que lo conforman (Grilli, Laxague & Barboza, 2015; Suárez-Ramos, 2017) (Figura 22).

El dibujo esquemático suele ser el más conveniente para destacar lo que se considera esencial en determinado tema, por lo cual, desde el punto de vista didáctico muchas veces lo importante no es la representación fiel de lo que se está observando sino la acentuación de los aspectos significativos (Grilli, Laxague, & Barboza, 2015) (Figura 23).

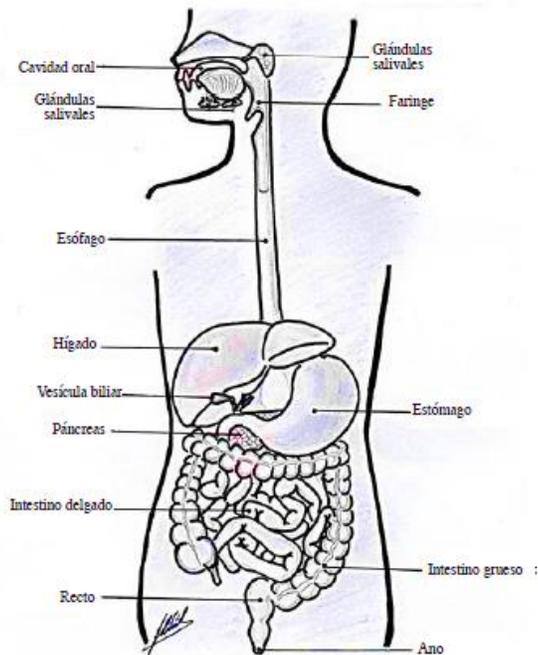


Figura 22. Dibujo esquemático del sistema digestivo. La colocación de flechas sobre el dibujo y el texto de las mismas, facilita el reconocimiento de las estructuras que conforman, en este caso el sistema digestivo (Tomado y modificado de Suárez-Ramos, 2017).

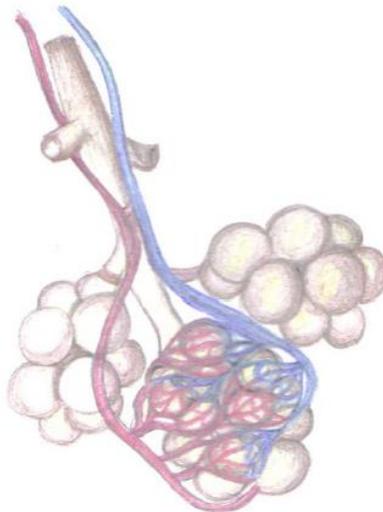


Figura 23. Dibujo esquemático de sacos alveolares. Más que una representación fiel de la realidad observable a través de un microscópico, se dibuja la estructura tridimensional de 3 sacos alveolares y para uno de ellos, se dibujan los vasos sanguíneos que se entrelazan en la estructura (Grilli, Laxague, & Barboza, 2015).

c) El video

El vídeo es un sistema de captación y reproducción instantánea de una imagen en movimiento y del sonido por procedimientos electrónicos, si los materiales videográficos tienen una utilidad en la educación se denominan videos educativos (Bravo-Ramos, 2000; Márques, 2003).

Como medio audiovisual, Bravo-Ramos (2000) y Pacheco (2011) mencionan que tienen características particulares que los distinguen principalmente:

- Da permanencia a los mensajes y permite su intercambio y conservación.
- Se puede reproducir de forma instantánea lo grabado.
- Durante el proceso de elaboración y edición se pueden ordenar distintos planos y secuencias.
- Es un soporte de soportes ya que admite la conjunción de producciones realizadas por otros procedimientos.

El video ofrece ciertas ventajas y desventajas. Las ventajas incluye la versatilidad, pues puede tener muchas funciones y formas de uso; es un medio expresivo, permite tener un mejor acceso a los significados pues hay un trinomio de palabra-imagen-sonido y, desarrolla la imaginación (Márques, 2003).

Entre las desventajas se puede incluir: muchos usuarios todavía no pueden acceder a conexiones de Internet suficientemente rápidas y la calidad de algunas imágenes es deficiente lo que puede provocar que los estudiantes no centren su atención (Pacheco, 2011).

De acuerdo con Márques (2003), dependiendo de su estructura los videos educativos se pueden clasificar en:

- **Documentales:** la información es presentada de forma ordenada y aborda un tema en concreto. Generalmente tienen una duración extensa.
- **Narrativos:** a través de una historia se presenta la información relevante a los estudiantes. Por ejemplo, un video histórico sobre la vida de un personaje.

- **Video monoconceptual:** tienen una duración corta y se centra en presentar un concepto.
- **Lección temática:** son clásicos videos que presentan de forma sistemática y con una profundidad adecuada a los destinatarios los distintos apartados de un tema concreto.
- **Videos motivadores:** su fin es impactar, motivar e interesar a los espectadores para lo cual sacrifica la presentación sistemática de los contenidos y un cierto grado de rigor científico.

d) Cartel o póster

Es un material gráfico cuya intención es transmitir un mensaje a través del uso de imágenes y textos breves, que en conjunto forman una unidad visual que atrapa la atención y transmite un mensaje (Alcántara-Negrete, 2012).

El mensaje de un cartel es de carácter global, donde los elementos que lo conforman se integran armónicamente y crean una unidad estética de gran impacto.

Los elementos que constituyen un cartel según Alcántara-Negrete, se dividen en dos:

- Los elementos físicos engloban el arreglo estético y el atractivo visual del espectador. Incluye todo aquello que puede llamar la atención: imagen, color, tamaño, formato y composición.
- Los elementos psicológicos están incluidos en el mensaje y estimulan al receptor para que se oriente hacia lo que se pretende dicho mensaje.

Existen dos tipos de cartel: los informativos, cuya intención es presentar información indispensable como: eventos, espectáculos, etc. El cartel formativo busca expresar un mensaje gráfico de forma clara y sólo se apoya en un texto corto y es capaz de producir conocimiento.

De acuerdo con Alcántara-Negrete (2012) el uso de carteles o pósteres en la educación puede:

- Consolidar el tema y presentarlo de forma clara y concisa.
- La lectura en un lugar específico para un público interesado.
- Posibilita estudiar la presentación de imágenes en detalle.

En la educación de las ciencias, entre ellas la biología el uso de recursos audiovisuales, permiten:

- Activar los conocimientos previos
- Comprender contenidos abstractos y difíciles de interpretar
- Promover el recuerdo de los contenidos aprendidos y enseñados a un largo plazo-
- Fomentar la curiosidad por explorar nuevos conceptos
- Motivar al alumno para aprender y profundizar con lecturas complementarias
- Reflexionar conceptos y discutir en torno a ellos
- Relacionar ciertas situaciones con la vida cotidiana o un contexto real
- Estimular la creatividad, la imaginación y la expresión de emociones
- Observar estructuras que a simple vista no es posible ver

(Palacios y de Dios Jiménez, 2002; Rigo, 2014; Marrero-Pérez, 2016)

De acuerdo con Perales (2006) el uso de las imágenes en la educación de la ciencia:

- Desarrollan las habilidades de observación por parte de los estudiantes
- Permite realizar dibujos y diagramas que implica hacer una interpretación, diferenciación y reconocimiento de las diferentes estructuras celulares y tisulares.
- Reducen las dificultades técnicas inherentes al proceso de observación microscópica
- Pueden mejorar el rendimiento de los alumnos al aplicar pruebas que requieren la aplicación de los contenidos del texto.
- Sirven como elementos analógicos

El uso de dibujos esquemáticos es muy relevante debido a que:

- Facilitan la enseñanza y el aprendizaje de contenidos complejos de anatomía y fisiología
- Es un medio audiovisual que no funge solamente como un adorno del texto
- Permiten hacer una representación gráfica del objeto en donde se resaltan las estructuras o procesos más significativos
- Propician el desarrollo de habilidades visuales y artísticas al realizar los dibujos

(Grilli, Laxague & Barboza, 2015; Suárez-Ramos, 2017)

Los videos en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias según García (2014) e Insausti-Orduna (2015) permiten:

- Representar los contenidos complejos y abstractos
- Investigar los fenómenos que ocurren dentro del video.
- Motivar
- Desarrollar la comprensión sobre temas que son complejos
- Realizar actividades de comprensión mucho más próximas a la realidad que cuando exponemos a nuestros alumnos a simples audiciones.

5. Estrategia didáctica

Nombre de la Unidad: *¿Cómo se transmiten los caracteres hereditarios y se modifica la información genética?*

Propósito de la Unidad.

Al finalizar, el alumno:

Identificará los mecanismos de transmisión y modificación de la información genética, como responsables de la continuidad y cambio en los sistemas biológicos, para que comprenda su importancia biológica y evolutiva

Tema: Reproducción

Subtema 1: Meiosis, gametogénesis

Objetivo de aprendizaje acorde al Plan de Estudios (2016):

Tipo de aprendizaje	Aprendizaje
Declarativos	Explica la meiosis como un proceso que antecede a la reproducción sexual y produce células genéticamente diferentes
Procedimentales	Aplica habilidades para recopilar, organizar, analizar y sintetizar la información confiable proveniente de diferentes fuentes que contribuyan a la comprensión de la reproducción, transmisión y modificación de la información genética.
Actitudinales	Muestra actitudes favorables hacia el trabajo colaborativo.

Tabla 5. Aprendizajes acorde al PEA.

El objetivo general de la secuencia es: el alumno logra explicar a la meiosis como un proceso de división celular diferente a la mitosis y que participa en la producción de gametos y produce variación genética.

De manera general, la intervención didáctica está dividida en tres momentos sugeridos por el Plan de Estudios (1996), que son:

- A. Apertura o etapa diagnóstica**
- B. Desarrollo (se aborda el tema)**
- C. Cierre o conclusión del tema**

Cada etapa contempla cierto número de sesiones y actividades planificada en un tiempo total de 6 horas, tres sesiones, durante semana y media. Es necesario aclarar que cada sesión tiene un inicio, para retomar los conceptos abordados. Un desarrollo, donde se realizan las actividades de las clases y, un cierre, para resolver dudas y hacer un resumen sobre el tema de la sesión.

Previo a comenzar la etapa diagnóstica se informó a los estudiantes el fin de la intervención didáctica y la importancia de su participación. Se proporcionó una carta de consentimiento informado (Anexo I), donde se solicitó su permiso para utilizar sus datos en la investigación.

A. Apertura o etapa diagnóstica

Esta primera etapa se llevó a cabo en la Sesión 1 con una duración de 15 a 20 minutos.

El objetivo general de la etapa fue identificar y activar los conocimientos que tienen los estudiantes en torno a los temas de Teoría celular, Estructura y función celular y Ciclo celular. Para esto se realizaron dos actividades: Actividad 1 y Actividad 2.

Actividad 1. Cuestionario diagnóstico (Anexo I)

El cuestionario diagnóstico contempla 11 preguntas de opción múltiple relacionadas con los conceptos clave de los temas anteriores y, necesarios para entender el tema de meiosis y gametogénesis. Se hizo hincapié en que el cuestionario no tenía ningún valor en la evaluación y que era para saber los conocimientos que poseían en torno a temas anteriores.

Los estudiantes realizaron de forma individual el cuestionario en un tiempo de 10 a 15 minutos.

Actividad 2. Lluvia de ideas

En alrededor de 3 a 5 minutos, se realizaron una serie de preguntas a los estudiantes, como: ¿han escuchado hablar de la mitosis?, ¿conocen de que se trata?, ¿qué saben sobre la mitosis?, ¿la mitosis sucede en todas las células del cuerpo o solo en algunas?

En voz alta los estudiantes comentaron y explicaron su respuesta, la cual se escribió en un rotafolio para que posteriormente el docente, una vez hecho un análisis de estos, retomara los conceptos erróneos y estableciera su significado. Este

espacio, también, sirvió para que los estudiantes comenzaran a cuestionar si las respuestas de sus compañeros eran correctas o no, o bien, si se referían a otro tema.

Una vez finalizado la etapa diagnóstica se les solicito a los estudiantes que de tarea respondieran a la pregunta ¿por qué se presentan diferencias entre hermanos que tienen los mismos padres?

B. Desarrollo (se aborda el tema)

El objetivo general de la etapa es explicar los procesos de división celular: mitosis y la meiosis, y como participa la meiosis en la producción de gametos.

El desarrollo del tema se llevó a cabo en dos sesiones, en un tiempo total de 3 horas y 40 minutos, en una sesión se abordó el tema de meiosis y mitosis y, en otra el tema de gametogénesis.

Sesión 1

La explicación del tema meiosis y mitosis se llevó a cabo en la Sesión 1, en el tiempo restante de la clase que fue de 1 hora y 40 minutos y se realizaron dos actividades:

Actividad 3. ¿Por qué se presentan diferencias entre hermanos?

La actividad se realizó en un tiempo de 15 a 20 minutos en los cuales los estudiantes con ayuda de imágenes y preguntas dieron explicaciones a la pregunta planteada por el docente: ¿por qué se presentan diferencias entre hermanos que tienen los mismos padres?

El papel de los estudiantes en esta primera actividad debe ser participativo y reflexivo para responder cada una de las preguntas que surgen a lo largo de la discusión en torno a la pregunta.

La actividad inicial con el docente solicitando a los alumnos observar dos imágenes (Anexo I), que muestran a cuatro perros hermanos que tienen los mismos progenitores, pero que presentan ciertas diferencias entre ellos.

El docente pide a los estudiantes mencionar en voz alta las diferencias que lograron encontrar entre los perros y pide que respondan: ¿por qué los hermanos que tienen el mismo papá y mamá presentan diferencias?

Las ideas que surgen de los alumnos deben ser encaminadas a que el estudiante explique porque se presentan estas diferencias. Esto es que, si en un primer momento algunos alumnos atribuyen las diferencias a que poseen un 50% de información de la mamá y un 50% de información del papá, se puede mencionar a los alumnos que, si bien, lo que dicen es cierto y está correcto, entonces, ¿a qué se debe que, por ejemplo, los cachorros que tienen la cara café y blanco no se observan igual entre uno y otro?

Ante esta pregunta, se espera que los estudiantes mencionen que la información genética o ADN que tienen es diferente, ante lo cual, el docente debe de realizar otras preguntas por ejemplo, ¿cómo es que la información genética o ADN es distinto si tienen los mismos padres?

Con base en la investigación realizada algún alumno puede mencionar que los genes se distribuyen al azar o de forma aleatoria y por eso no toda información se presenta de la misma forma.

Para seguir con la discusión se pueden realizar las siguientes preguntas: ¿cómo se logra que el ADN se distribuya? ¿por qué se distribuye al azar? Los estudiantes pueden hacer alusión a la división celular y preguntar ¿existe algún proceso que logre repartir de forma aleatoria el ADN?, ¿qué proceso biológico permite que ocurran cambios en la información genética?

Si bien, los estudiantes pueden o no llegar a mencionar que la meiosis permite explicar las diferencias entre hermanos es posible que los estudiantes mencionen

el proceso de división celular y, a partir de ahí iniciar a explicar el proceso de meiosis.

Actividad 4. ¿Cómo ocurre la meiosis y la mitosis?

Antes de comenzar el tema de meiosis el docente debe verificar que los estudiantes tengan claro los conceptos de síntesis de ADN y de cromosoma, así como la estructura de estos (cromátida, gen, centrómero).

La actividad 4 consiste en que los estudiantes con ayuda de un esquema expliquen en qué consiste la meiosis y la mitosis, el tipo de células en donde ocurre y los procesos más importantes que suceden en cada fase.

Primero, para definir el concepto de meiosis el docente retoma las ideas que mencionaron los estudiantes en la actividad anterior. Es importante que el docente encamine esta actividad a que los alumnos reconozcan que el proceso de meiosis se lleva a cabo en células sexuales y produce variación genética.

La definición de la meiosis es escrita por el docente en el pizarrón y se complementa cuando se proporciona al estudiante un esquema (Anexo II).

Para el uso de los esquemas se sugiere seguir las siguientes instrucciones:

1. Dar a los alumnos un tiempo de 5 minutos para analizar los elementos del esquema.
2. Después de los 5 minutos el docente solicita a los estudiantes mencionar qué elementos lograron identificar como son los rótulos del esquema, el nombre de las fases, las representaciones contenidas en este y, el significado de ciertos rótulos como n , principalmente.
3. El docente complementó la información de la siguiente manera:
 - a) Se indica que el esquema contiene las dos divisiones (mitosis y meiosis).

- b) Del lado izquierdo están contenidos el número de divisiones y las fases que tiene cada división.
- c) A lo largo de las fases se van moviendo de una forma particular los cromosomas.
- d) Al principio y al final se observan cambios en el número de células que se producen y en el contenido genético de éstas.

Una vez que los estudiantes cuentan con el esquema son ellos mismos quienes a través de la observación van a ir mencionando los cambios y movimientos que observan en los cromosomas en cada una de las fases tanto en la meiosis I como en la meiosis II, esto con el fin de ir completando el esquema.

Durante esta actividad el papel del docente es solicitar a los estudiantes que pasen al pizarrón a dibujar el esquema de la fase; ir haciendo preguntas con respecto a la apariencia de los cromosomas; introducir términos nuevos con base en lo que observan los alumnos e ir resolviendo las dudas que puedan surgir en el proceso.

Para explicar la profase I de la primera división meiótica en el esquema los alumnos deben identificar la forma, color y posición de los cromosomas con respecto a otros cromosomas y el uso meiótico para que una vez que mencionen lo que observaron al docente, este haga una serie de preguntas como: ¿por qué se resaltan de diferente color los cromosomas?, ¿por qué los cromosomas deben de estar organizados?, ¿qué implica que los cromosomas estén uno sobre otro?.

Con base en las respuestas de los alumnos, el docente va incorporando los términos de: compactación de la cromatina, haploide, diploide, formación del huso, cromosoma homólogo, recombinación, entrecruzamiento y variación genética.

En este primer momento, el docente debe de hacer hincapié en que la recombinación produce variabilidad genotípica en los organismos y es así como se podría explicar qué las diferencias fenotípicas entre hermanos.

Para explicar la recombinación de los cromosomas se pide a dos estudiantes de estatura y complexión parecida que pasen al frente. Es importante que sean dos personas con características parecidas, pues representan a los cromosomas homólogos y esto sirve para que reafirmen que son cromosomas pareja con tamaño similar e información genética parecida.

Una vez al frente se les explica a los estudiantes que el brazo izquierdo y el pie izquierdo representan a una de las cromátidas hermanas y, su brazo derecho y pierna derecha es la otra cromátida, mientras que en la mitad de su cuerpo (cerca del ombligo) se encuentra el centrómero.

Ahora, se les solicita que se pongan de espaldas uno del otro, para representar las tétradas o bivalentes, esto con el fin de que el resto de los alumnos respondan a la pregunta: ¿cuántas cromátidas se observan?, ¿cuántos cromosomas tenemos?

La representación del entrecruzamiento se hace mediante un cruce de brazos entre los compañeros que están al frente. Es decir, se le solicita que crucen el brazo izquierdo con el brazo derecho del otro compañero.

En este punto es necesario enfatizar que, una vez que los compañeros se separen los brazos, si fueran cromátidas, estos tendrán en alguna zona de contacto un nuevo color en su ropa, por el intercambio de información genética. Por ejemplo, si llevan alguna prenda de color particular, una vez que se separen ya no serán toda la manga del mismo color y presentarán zonas del color de la prenda del otro compañero y viceversa.

Para señalar que ahí se observan los quiasmas el docente pide que sin desengancharse se alejen lo más posible, para hacer más notable el sitio de entrecruzamiento de las cromátidas y posterior punto de separación de los cromosomas.

Con el fin de enfatizar la importancia de la recombinación el docente debe de preguntar a los alumnos ¿por qué es importante la variación genética?, y también, ¿de qué les sirve a los organismos presentar diferencias entre sí?

Las respuestas de los estudiantes deben ir encaminadas al aspecto biológico y con base en sus conocimientos previos, los cuales le permitirán mencionar ejemplos y conceptos que se relacionen con los conceptos de adaptación y supervivencia.

Para continuar con la metafase I los estudiantes deberán analizar la posición de los cromosomas con respecto a cómo se observaban en la profase I, para que lleguen a la conclusión de que los cromosomas se mueven hacia el centro de la célula.

En la anafase I los esquemas permiten a los alumnos distinguir que los cromosomas homólogos se separan y se mueven hacia los polos del huso meiótico. En este momento el docente debe de mencionar que los cromosomas han pasado de $4n$ a $2n$.

En la telofase I se explica que ocurre la disolución de la envoltura nuclear y se forman los productos de la meiosis I, dos células nuevas con un contenido de material genético de $2n$ en el núcleo con envoltura nuclear reintegrada.

Para continuar con la meiosis I, el docente pide a los alumnos que con ayuda del esquema y la información previa deduzcan algunos de los procesos que ocurren en la profase II y que se comparten con la profase I, como son que los cromosomas se compactan de nuevo, se forma el huso meiótico y que la envoltura nuclear se descompone. Esto también se solicita que se haga para reconocer los procesos que ocurren en la metafase II.

En la anafase II, el docente debe de preguntar: ¿qué es lo que se separa ahora si los cromosomas homólogos ya no están juntos? Esto con el fin de que los estudiantes observen que son ahora las cromátidas hermanas las que se separan y que una vez que lleguen a los polos opuestos en la telofase II se forman cuatro células que tienen información genética distinta a la célula original y que son haploides y son n , ya que ahora solo poseen una sola copia de cada cromosoma.

Al terminar de analizar el esquema de la meiosis se procede a explicar qué es lo que pasa en la mitosis. Este proceso debe de ser más rápido y sencillo de explicar para los alumnos ya que el tema ya lo han revisado y muchos de los procesos que ocurren en la división meiótica se comparten.

Los alumnos pueden identificar que en: la profase como en la profase I ocurre la compactación de cromatina, se forma el huso mitótico, pero no ocurre una recombinación. En la metafase al igual que en la metafase I y metafase II los cromosomas se mueven hacia el centro de la célula y, en la anafase mitótica y la anafase II ocurre una separación de las cromátidas hermanas, pero las cromátidas hermanas en la anafase I y II el ADN de las células ahora están recombinadas.

El esquema permite ver a los estudiantes que en la mitosis las células son iguales a las primeras y no ocurre recombinación genética y, solo sucede una división para que se produzcan dos células.

Por último, para cerrar con la actividad el docente pide a los alumnos expresar sus dudas o comentarios con respecto a los temas vistos hasta el momento y hace un breve resumen de lo que se vio en clase.

Sesión 2

Esta sesión tiene una duración de 2 horas en la cual se planea se realicen 4 actividades.

Primero, en un tiempo de aproximadamente 3 a 5 minutos el docente retomó algunos de los conceptos visto en la clase anterior y especifica las actividades a realizarse.

La primera actividad que se realiza es la Actividad 5.

Actividad 5. ¿En que se parecen la mitosis y la meiosis?

Esta actividad tiene por objetivo que los estudiantes al comparar los procesos de reproducción celular: mitosis y meiosis, logren distinguir las principales diferencias y similitudes que existen entre los procesos de división celular.

La actividad consiste en completar una tabla comparativa (Anexo II) proporcionada por el docente y se realiza en un tiempo de 15 a 20 minutos.

La organización para realizar la actividad es de forma individual y pueden hacer uso del esquema que se completó la sesión anterior, además, pueden preguntar al docente las dudas que tengan en torno al tema.

El papel del docente consiste en resolver la dudas con ayuda del esquema pues las respuestas se encuentra ahí, solo es necesario que los alumnos observen con detenimiento y analicen la información que lograron identificar. Es importante que al momento de resolver las dudas se haga de forma grupal pues otros estudiantes pueden tener la misma inquietud.

Al finalizar la actividad se menciona a los estudiantes que ahora se realizará una actividad para seguir con el tema de meiosis y cómo participa en la producción de células sexuales en el hombre y en la mujer.

Actividad 6. ¿Cómo se producen los espermatozoides y los óvulos?

El objetivo de esta actividad es mostrar al alumno de forma general en qué consisten los procesos de espermatogénesis y ovogénesis. La actividad está programada para un tiempo de 20 minutos.

Para esta actividad el docente:

- proporciona a los estudiantes una guía para detectar las ideas principales del video (Anexo II)
- solicita a los alumnos leer en voz alta las preguntas y en caso de ser necesario aclara la pregunta
- proyecta los videos de espermatogénesis y ovogénesis (ambos obtenidos de *Youtube*), una primera vez de forma continua y solicita a los estudiantes responder las preguntas que puedan. Vuelve a proyectar el video, pero ahora de forma pausada para que los alumnos contesten las preguntas que faltan.

- revisa las respuestas de los estudiantes una por una en forma grupal
- pregunta a los estudiantes ¿cuál es el proceso que participa en la espermatogénesis y en la ovogénesis? ¿es la mitosis o la meiosis? En caso de existir contradicción entre las respuesta de los estudiantes, por ejemplo, que digan mitosis y meiosis, es necesario proyectar el video y pausarlo en los momentos en los que se observa los proceso de meiosis I y meiosis II para que lo identifiquen.

En esta actividad el estudiante:

- presta atención a los videos
- contesta todas las preguntas
- participa de forma activa para explicar si lo que ocurre en la ovogénesis y la espermatogénesis es el proceso de meiosis o mitosis, argumentando porque es una o la otra

Una vez resuelto el cuestionario guía y aclarado que en la espermatogénesis y ovogénesis participa la meiosis se realiza la explicación de la gametogénesis con la Actividad 7.

Actividad 7. La participación de la meiosis en la gametogénesis

El objetivo de esta actividad es que el alumno identifique los momentos cuando ocurre el proceso de meiosis en la producción de óvulos y espermatozoides. La actividad está programada para un tiempo de 20 a 25 minutos.

En esta actividad el docente debe:

- proporciona el esquema de ovogénesis y espermatogénesis (Anexo II)
- dibuja en el pizarrón el esquema proporcionado a los estudiantes
- solicita a algunos estudiantes que con lo visto en el video y las ideas retomadas en el video pasen al pizarrón a escribir el nombre de las células

que se forman durante la espermatogénesis y la ovogénesis, así como en el momento ocurre la meiosis I y la meiosis II

- facilitar a los estudiantes a interpretar en que momento ocurre la meiosis I y la meiosis II.
- hace una revisión del esquema resuelto en el pizarrón en donde especifica la etapa de la vida en la que se lleva a cabo la meiosis tanto en la ovogénesis como en la espermatogénesis

Por su parte, el alumno con ayuda de la proyección de los videos así como la resolución del cuestionario guía establece la relación de la meiosis con la producción de gametos y, una vez que el esquema ha sido resuelto en forma grupal, completa su esquema en forma individual.

Concluida la Actividad 7, se realiza una distinción entre la ovogénesis y la espermatogénesis que se lleva a cabo con en la Actividad 8.

Actividad 8. Diferencias y similitudes entre ovogénesis y espermatogénesis

El objetivo de esta actividad es mostrar a los alumnos las principales diferencias y similitudes entre la ovogénesis y espermatogénesis

La actividad está programa para realizarse en un tiempo de 20 a 25 minutos en los que el docente solicita a los alumnos que con ayuda del esquema anterior y el cuestionario guía resuelva la tabla comparativa (Anexo II).

En esta actividad se debe hacer énfasis que muchas de las similitudes se observan en el esquema y otras se mencionaron en el video.

El estudiante en esta actividad debe de poner especial atención en el esquema, en la forma y tamaño de las células producto de la espermatogénesis y de la ovogénesis y lo que recuerda del video.

Se debe aclarar que, por ejemplo, la ovogénesis ocurre en los ovarios, inicia durante el desarrollo embrionario, produce una célula funcional, la célula que se

produce es de mayor tamaño que el espermatozoide; mientras que la espermatogénesis inicia en la pubertad y no tiene periodos en los que se ve interrumpida, produce 4 células móviles funcionales.

En el caso de las similitudes puede identificar que: ambos procesos ocurren en los órganos reproductivos, producen células sexuales o gametos, son necesarios para la reproducción sexual y participa la meiosis, etc.

Para el cierre de la sesión se realiza tres actividades. La primera es para resolver dudas en un tiempo de 5 minutos. Hacer un resumen de los temas vistos en la clase y la clase anterior esto en un tiempo de 10 a 15 minutos. La última consiste en agrupar a los estudiantes en equipos de 2 o 3 integrantes y solicitar el material con el que trabajarán en la siguiente sesión.

C. Cierre o conclusión del tema

El cierre o conclusión del tema está programada para un tiempo de 2 horas con dos actividades.

Actividad 9. Elaboración de póster

El objetivo de esta actividad es evaluar los conocimientos adquiridos de los estudiantes con respecto al tema. Para ello el docente indica que en los equipos formados ya sea de dos o tres personas deberán elaborar un póster el cual se evaluará posteriormente con una lista de cotejo (Anexo III). Los estudiantes en pareja o en equipo elaboran un póster con las especificaciones que solicita la lista de cotejo.

Actividad 10. Heteroevaluación

En esta actividad el docente asigna a cada equipo el poster que deberán evaluar con base en la lista de cotejo proporcionada en la actividad anterior. Los alumnos de forma honesta contestan la evaluación.

A continuación se presenta en forma de tabla un resumen de las actividades propuestas en la secuencia didáctica.

Sesión 1

Actividad	Nombre de la actividad	Materiales y recursos	Producto esperado	Tiempo
Información general	Información general de la investigación	Impresiones de carta de consentimiento informado	Carta de consentimiento firmada (ver Anexo 1)	5 min
Identificación de conocimientos previos	Actividad. 1 Cuestionario diagnóstico	Impresiones de cuestionario diagnóstico	Cuestionario resuelto (ver Anexo 1)	10 a 15 min
Identificación de conocimientos en torno a la mitosis	Actividad 2. Lluvia de ideas	Plumones Papel bond Cinta adhesiva	Ideas de los alumnos en papel bond	5 min
Discusión en torno al tema de meiosis	Actividad 3. ¿Por qué se presentan diferencias entre hermanos?		Ideas de los alumnos en torno al tema de meiosis	15 a 20 min
Explicación de la división celular	Actividad 4. ¿Cómo ocurre la mitosis y la meiosis?	Impresiones del esquema Pizarrón Plumones Borrador	Esquema completado (ver Anexo 2)	1 horas

Sesión 2

Actividad	Nombre de la actividad	Objetivo	Materiales y recursos	Producto esperado	Tiempo
Explicación de los procesos de división celular mitosis y meiosis.	Actividad 5. ¿En que se parecen la mitosis y la meiosis?	Papel bond Plumones Borrador	Tabla comparativa completada (ver Anexo 2)	Tabla comparativa resuelta	15 a 20 min
Proyección de videos	Actividad 6. ¿Cómo se producen los espermatozoides y los óvulos?	Mostrar de forma general en qué consiste los procesos de: espermatogénesis y ovogénesis	Bocina Cañón Pizarrón Computadora Videos	Cuestionario resuelto (ver Anexo 2)	20 min
Explicación de gametogénesis	Actividad 7. La participación de la meiosis en la gametogénesis	Explicar como ocurre el proceso de meiosis en la producción de gametos	Pizarrón Plumones	Esquema ovogénesis Esquema espermatogénesis (ver Anexo 2).	20 a 25 min
Distinción entre ovogénesis y espermatogénesis	Actividad 8. Diferencias y similitudes entre ovogénesis y espermatogénesis	Mostrar las principales diferencias y similitudes entre la ovogénesis y espermatogénesis	Pizarrón Plumones	Cuadro comparativo ovogénesis y espermatogénesis (ver Anexo 2)	20 a 25 min
Cierre y solicitud de material	Instrucciones para la próxima clase	Solicitar material para la próxima clase	-----		15 a 20 min

Sesión 3

Sesión 3					
Actividad	Nombre de la actividad	Objetivo	Materiales y recursos	Producto esperado	Tiempo
Evaluación de conocimientos	Actividad 9. Elaboración de póster	Evaluar los conocimientos adquiridos de los estudiantes con respecto al tema	Papel bond Plumones Imágenes Colores	Póster	1 hora 15 min a 1 hora 30 min
Heteroevaluación	Actividad 10. Evaluación	Realizar una heteroevaluación	Impresión de la heteroevaluación	Formato de evaluación resuelto	20 a 25 min
Agradecimientos	Actividad 11. Cierre	Agradecer la participación de los alumnos	-----	-----	5 min

6. Resultados y análisis de resultados

Metodología para el análisis de resultados

La estrategia se aplicó con cuatro grupos que debido a las características académicas de los estudiantes y la forma en cómo se desarrolló la estrategia didáctica se agruparon en dos bloques diferentes: Bloque I y Bloque II según los siguientes criterios:

- Modalidad de estudio: ordinaria o extraordinaria. La primera incluye a los estudiantes que cursan por vez primera la asignatura y, en cuarto semestre de acuerdo con Plan de Estudio. La modalidad extraordinaria en este caso incluye a aquellos estudiantes que están cursando de nuevo la asignatura en el Programa de Apoyo al Egreso (PAE).

El PAE comprende cursos intensivos de 40 horas de instrucción divididas en 10 sesiones de cuatro horas cada una.

Los cursos están dirigidos a los alumnos de quinto y sexto semestre que adeudan entre una y seis asignaturas, dado que la finalidad del programa es apoyar a los estudiantes que tienen mayores posibilidades de egreso (ENCCH, 2018).

Los estudiantes con los que se trabajó estaban inscritos en el periodo llamado ES, lo que significa que asisten a clases durante 10 sábados en dos horarios (matutino o vespertino), cada uno con una duración de 4 horas.

- Turno: matutino o vespertino. Cursan la materia por la mañana o por la tarde.
- Conocimientos básicos para abordar el tema: si habían o no visto los temas anteriores a meiosis y gametogénesis (Teoría celular, Ácidos nucleicos y, Ciclo celular y mitosis) necesarios para comprender los temas de meiosis y gametogénesis. Para este apartado se cotejó con los docentes a cargo del grupo.

- Adaptación del alumno al modelo del Colegio: el tiempo que llevan los estudiantes bajo el modelo del Colegio de Ciencias y Humanidades, bajo los principios filosóficos de este.
- Desarrollo de la estrategia tenemos:
 - Tiempo dedicado para la estrategia: si se dedicaron las seis horas a la estrategia o no fue posible por diferentes motivos.
 - Orden en que se llevaron a cabo las actividades: si se llevaron a cabo o no cada una de las actividades propuestas de acuerdo a la secuencia planteada.
 - Actividades desarrolladas de la estrategia: si se desarrollaron o no todas las actividades.

Características de la población y desarrollo de la estrategia

Bloque I

El bloque I engloba a los grupos 1 y 2. De forma general, las características que comparte el bloque son que: cursaron la asignatura de Biología I, en modalidad ordinaria y, llevan un año y medio adaptándose al modelo del Colegio.

Grupo 1

El Grupo 1 (G1) estuvo conformado por 24 estudiantes, de los cuales solo 21 realizaron el cartel. Los estudiantes tenían una edad promedio de 16 años y cursaron la asignatura en el turno matutino.

El alumnado había visto los temas de Ácidos nucleicos y Teoría celular, sin embargo, no habían visto Ciclo celular y mitosis.

En cuanto al desarrollo de la estrategia, el tiempo total dedicado al tema de Meiosis y gametogénesis fue de 4 horas debido a que 90 minutos se dedicó a ver el tema de Ciclo celular y mitosis, aunado a que la profesora a cargo del grupo solo pudo otorgar 5 horas y 30 minutos para intervención didáctica pues el curso se retrasó por dos interrupciones que hubo en el ciclo escolar.

Por cuestiones de tiempo, en la sesión 1 se llevó a cabo primero la Actividad 4. ¿Cómo ocurren la mitosis y la meiosis? En la sesión 2 que se realizó la Actividad 3. ¿Por qué los hijos que tienen el mismo papá y mamá presentan diferencias?, para después retomar el tema de meiosis.

En la sesión 3 se realizaron dos actividades. La Actividad 6. ¿Cómo se producen los espermatozoides y los óvulos? y, la Actividad 7. La participación de la meiosis en la gametogénesis.

Por cuestiones de tiempo solo se logró completar los esquemas de espermatogénesis y se solicitó a los alumnos resolver de tarea el esquema sobre ovogénesis y la Actividad 8. Diferencias y similitudes entre ovogénesis y espermatogénesis.

En la sesión 4 se realizó la Actividad. 9. Elaboración del póster

La única actividad que no se realizó fue la Actividad 10. Heteroevaluación y evaluación. Sin embargo, la retroalimentación se envió al profesor del grupo y a los estudiantes por medio de correo electrónico.

Grupo 2

El grupo 2 (G2) estuvo conformado por 17 alumnos que cursaron la asignatura en el turno vespertino. La edad promedio fue de 16 años.

Los conocimientos básicos que poseían era sobre: ácidos nucleicos y teoría celular y, adicionalmente la profesora a cargo había dado el tema de ADN de forma detallada.

Las actividades de la secuencia se realizaron en un tiempo de cinco horas y 30 minutos, pues los 30 minutos restantes se dedicaron a ver el tema de Ciclo celular y mitosis.

Se realizaron las 10 actividades, sin embargo, únicamente la Actividad 2. Cuestionario diagnóstico, no se realizó en la primer sesión sino en la segunda sesión una vez que se había visto Ciclo celular y mitosis y el tema de meiosis. Por

lo cual, los estudiantes del G2 tenían más conocimientos para poder resolver de forma adecuada las preguntas del cuestionario diagnóstico.

Lugar y tiempo

La intervención se llevó a cabo en el Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur. Ubicado al sur de la Ciudad de México.

En el grupo 1 la secuencia didáctica se llevó a cabo los días 24, 29 y 31 de octubre y 9 de noviembre del 2018.

El número de sesiones que duró la intervención fue de cuatro.

- La sesión 1 de 20 minutos.
- La sesión 2 y 3 de dos horas cada una
- La sesión 4 de 1 hora

En total se trabajó con los alumnos un tiempo de 5 horas y 20 minutos. Del cual el tiempo destinado a la estrategia didáctica fue de 4 horas.

En el caso del grupo 2 la intervención didáctica se realizó los días: 22, 27 y 29 de noviembre de 2018, que corresponde a la primera semana de finales del Calendario del Colegio de Ciencias y Humanidades. Se trabajó con el grupo durante tres sesiones dos de dos horas y una de una hora.

Bloque II

El bloque II comprende los grupos A y B, que cursaron en modalidad extraordinaria el curso de Biología I. Ambos grupos habían visto todos los temas básicos necesarios para entrar al tema: Ácidos nucleicos, Teoría celular y Ciclo celular y mitosis.

A diferencia del bloque I, los grupos del bloque II tenían el mismo profesor y a lo largo del curso habían llevado a cabo las mismas actividades y secuencia.

Los estudiantes llevaban adaptándose al Plan de Estudios del Colegio un tiempo de 2 años y 10 meses, pues son estudiantes de último semestre.

La estrategia en ambos grupos se llevó a cabo en un tiempo de 4 horas y 20 minutos y la única actividad que no se realizó fue la heteroevaluación.

Grupo A

El grupo estuvo conformado por 16 personas, de las cuales 15 realizaron todas las actividades. El promedio de edad fue de 18 años y cursaron la asignatura en el turno matutino.

Grupo B

El total de alumnos fue de 15. El promedio de edad fue de 18 años, a excepción de un participante de 44 años de edad. Los estudiantes llevaron la asignatura en el turno vespertino.

Lugar y tiempo

La intervención se llevó a cabo en el Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur. Ubicado al sur de la Ciudad de México.

La intervención didáctica se llevó a cabo el día 16 de marzo y 6 de abril de 2019. En un horario de 7 am a 11 am para el grupo A y de 11 am a 3 pm en el grupo B.

En ambos grupos la secuencia de actividades se llevó conforme lo planeado, pero la Actividad 10. Heteroevaluación y evaluación- retroalimentación no pudo ser realizada por cuestiones de tiempo. Sin embargo, la retroalimentación se envió vía correo electrónico al profesor del grupo.

6.1. Actividad diagnóstica

En este primer apartado se muestran los resultados del cuestionario diagnóstico del Bloque I y el Bloque II.

En la Figura 22 se presentan el total de aciertos por pregunta del Grupo 1. Se incluye la pregunta y debajo el total de personas que respondieron de forma correcta

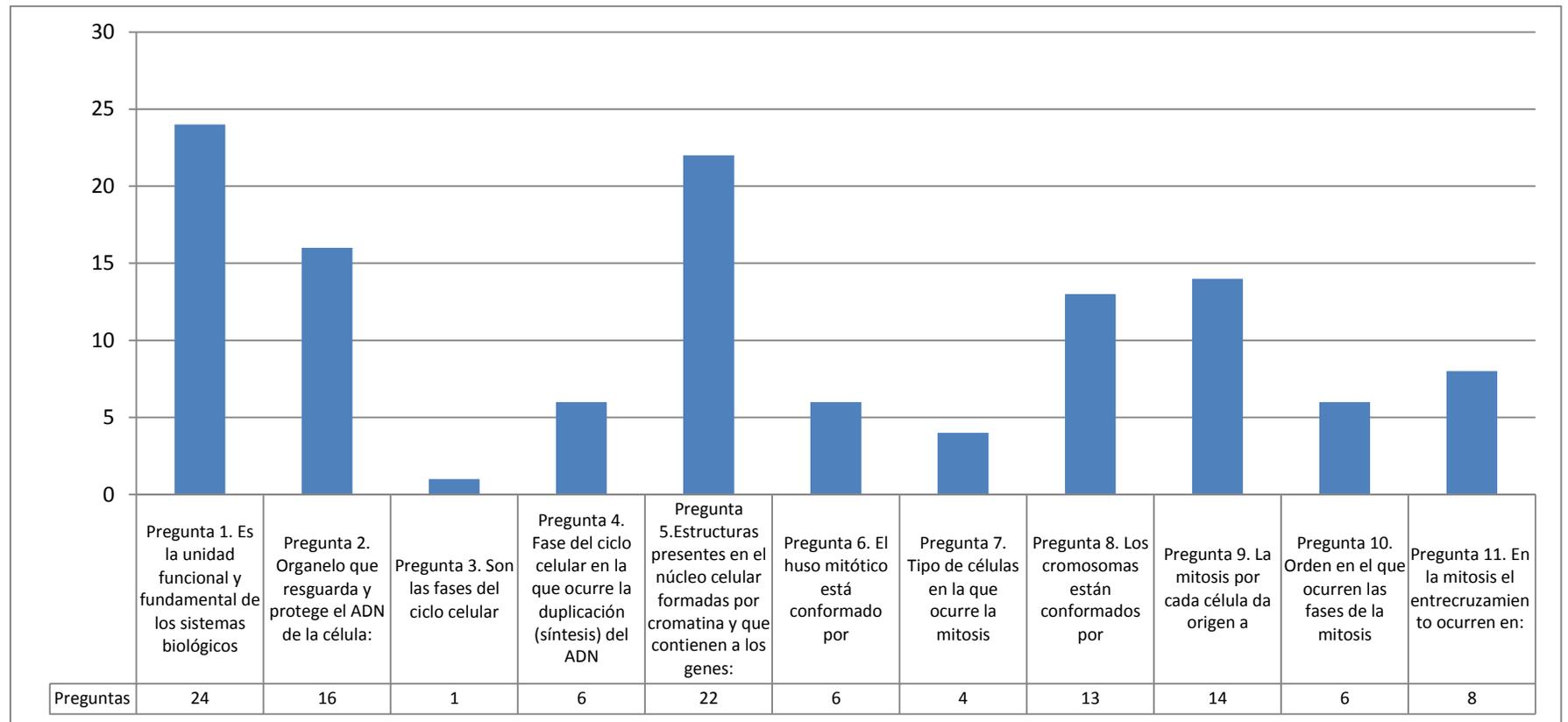


Figura 22. Total de aciertos por pregunta del Grupo 1. Se presentan las 11 preguntas del cuestionario diagnóstico y el total de aciertos por grupo.

Los resultados del cuestionario diagnóstico del Grupo 2 se presentan en la Figura 23.

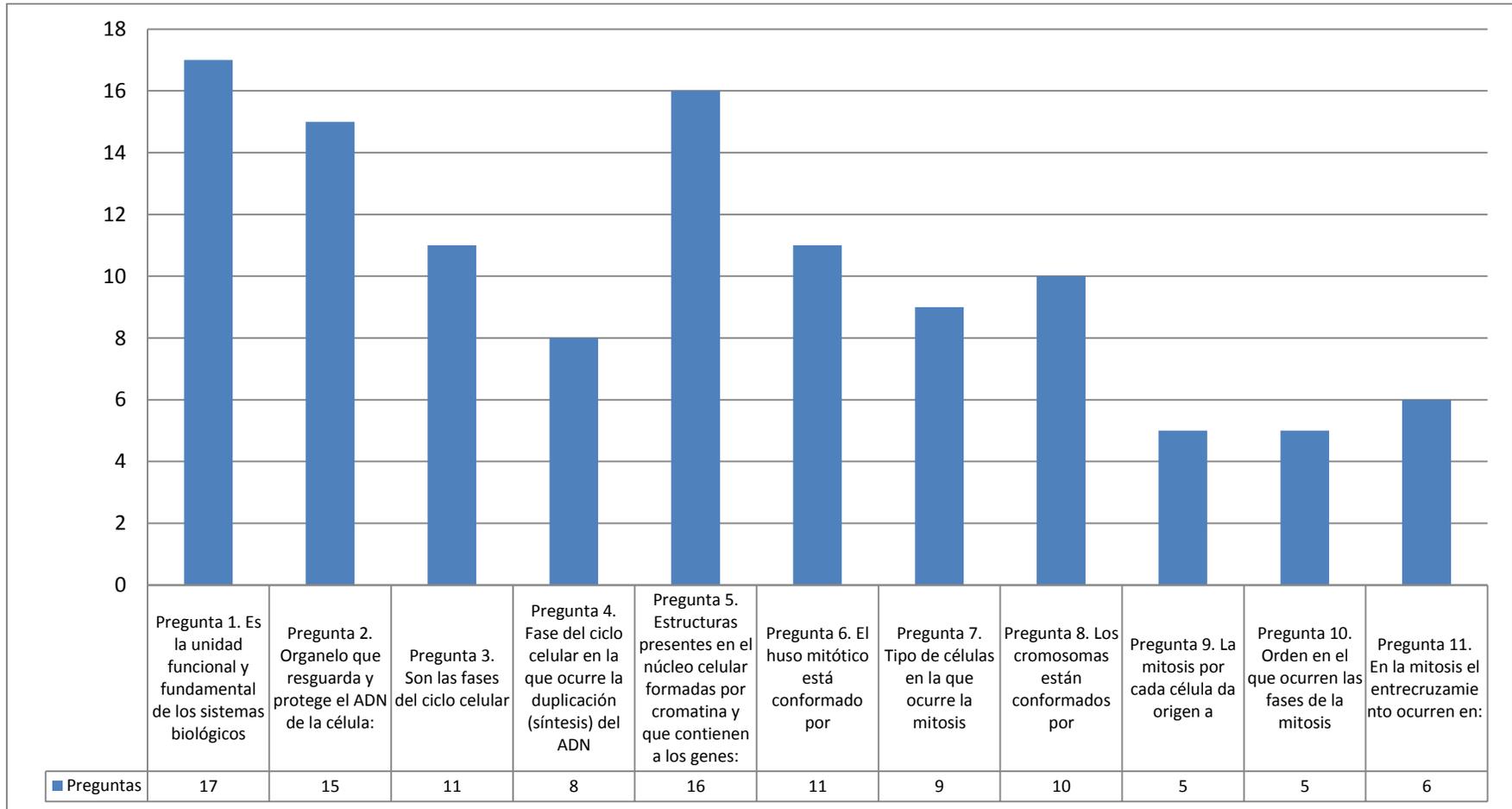


Figura 23. Total de aciertos por pregunta del Grupo 2. Se presentan las 11 preguntas del cuestionario diagnóstico y el total de aciertos por grupo.

Bloque II

En este apartado se presentan los resultados del examen diagnóstico aplicado al grupo A y al grupo B.

En la figura 24 están desglosados las preguntas del cuestionario diagnóstico y el número de personas que respondieron correctamente cada pregunta del grupo A

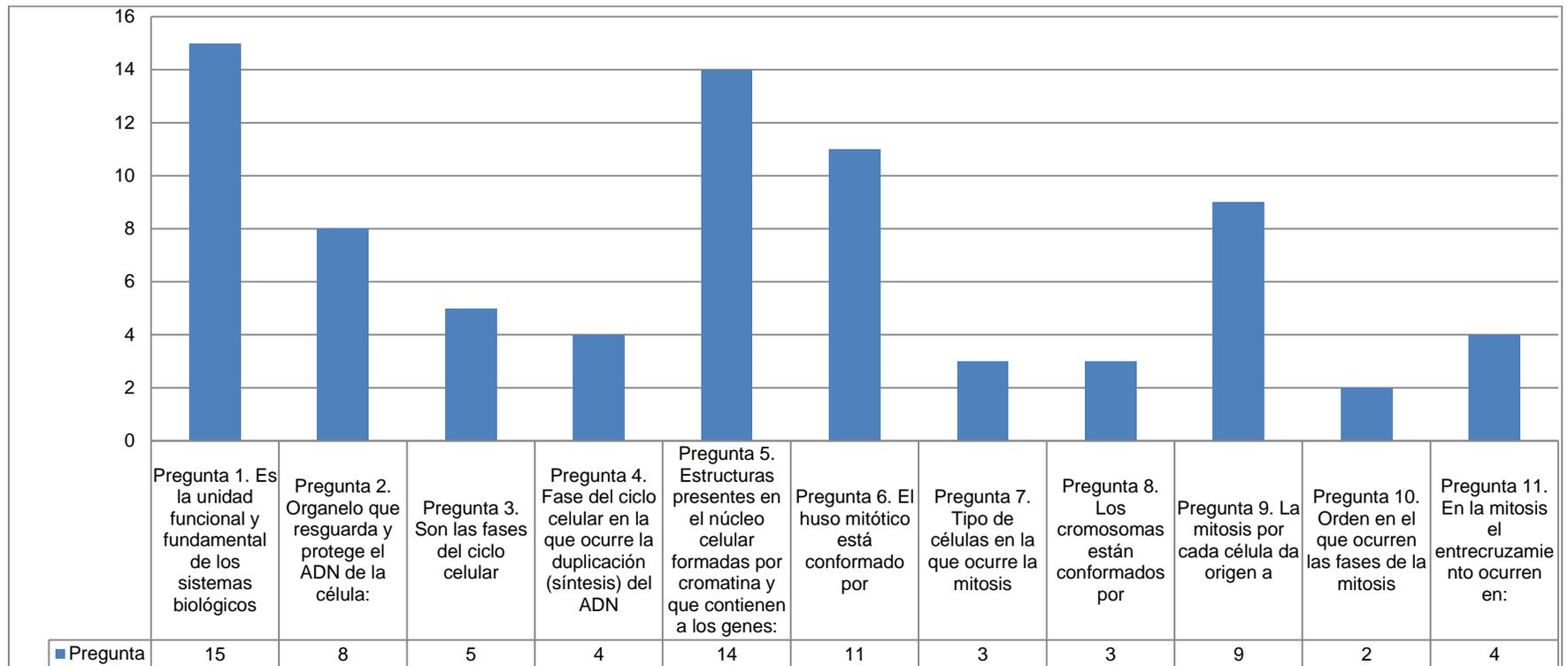


Figura 24. Total de aciertos por pregunta del Grupo A. Se presentan las 11 preguntas del cuestionario diagnóstico y el total de aciertos por grupo.

La Figura 25 contiene los resultados obtenidos por los alumnos del Grupo B en el cuestionario diagnóstico.

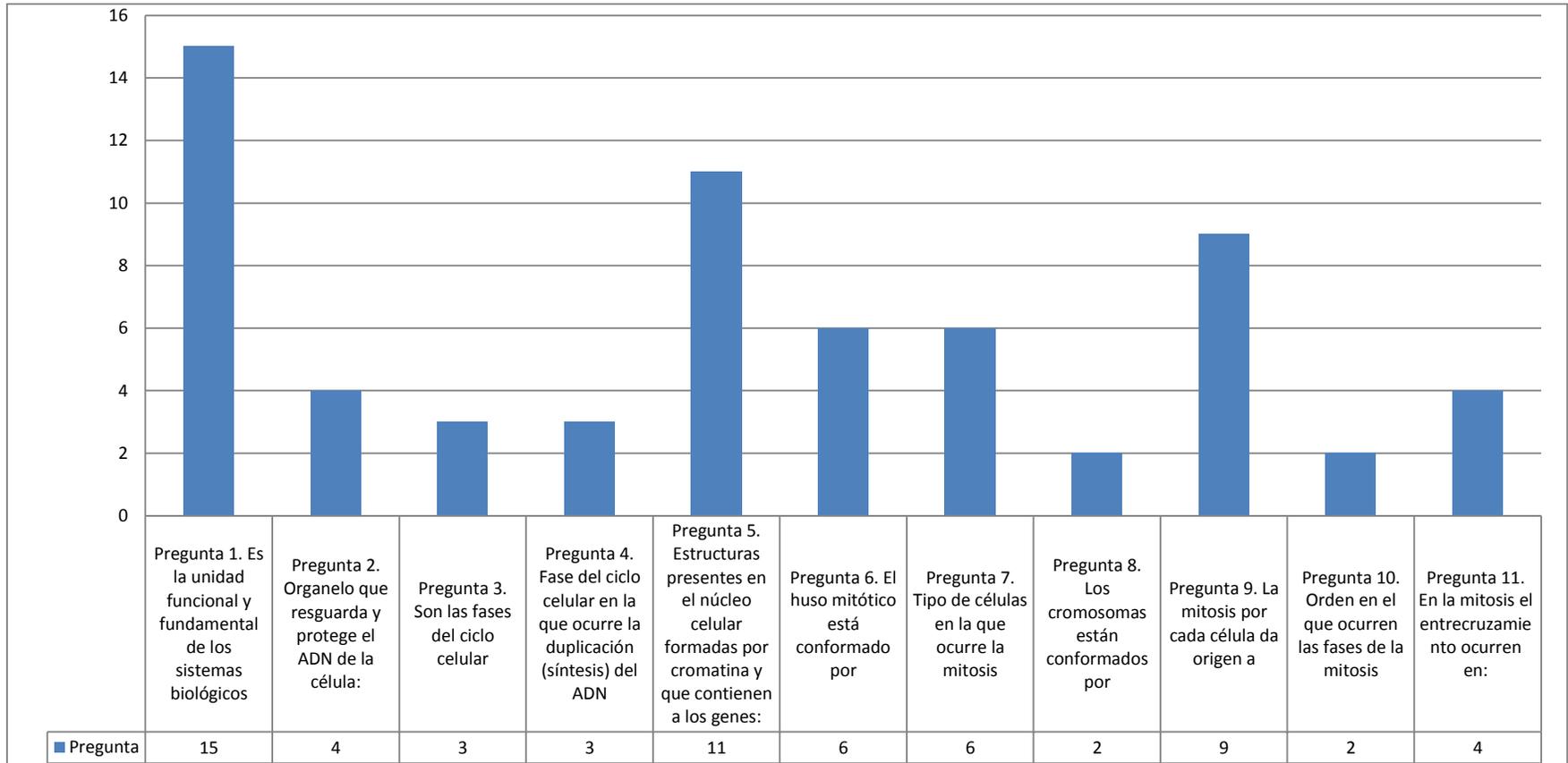


Figura 25. Total de aciertos por pregunta del Grupo B. Se presenta las 11 preguntas del cuestionario diagnóstico y el total de aciertos por grupo.

Actividad diagnóstica: lluvia de ideas sobre la mitosis Las respuestas que dieron los estudiantes se vaciaron en la siguiente tabla y de forma textual.

Bloque I

Grupo 1	Grupo 2
Producción de células sexuales Se generan dos células hijas Sirve para la reproducción Células somáticas no sexuales Es una división celular Si nos dividimos, pero celularmente	Es una división celular” En células somáticas” Regeneración de la piel

Bloque II

Grupo A	Grupo B
División de la célula ADN” Se forma una nueva célula con el mismo material genético El material genético se reparte Ocurre en células sexuales	División Duplicación Material genético Reproducción de las células Células del cuerpo Se divide las células para formar dos

6.2. Carteles o pósteres

Método para el análisis de los carteles o *posters*

Para la evaluación del póster se realizó una evaluación conformada de dos partes: el formato y estilo y; el contenido conceptual.

Formato y estilo

Para este análisis se tomó como base el instrumento realizado por Nogueira-Ruíz (2013) y las recomendaciones de Alcántara-Negrete (2012).

Se contemplaron los siguientes rubros:

- Título: es creativo y está relacionado con el tema.
- Texto: el texto es corto, claro y ayuda a comprender las imágenes.
- Imágenes: son claras, ocupan el mayor espacio y están distribuidas en el cartel.

Contenido conceptual

Se dividió en 4 rubros y se realizó con base en lo visto en clase, lo contenido en esquemas y las tablas comparativas.

- **Definición:**

Incluye el: número de células resultantes, tipo de células en las que ocurre y las características de las mismas (células idénticas o iguales en el caso de la mitosis y diferentes en el caso de meiosis).

- **Importancia**

Se mencionó que la importancia de la meiosis es que: ocurre la recombinación genética, produce variabilidad genética y que participa en la reproducción sexual.

Para la mitosis era necesario que indicara que ayuda: al crecimiento y regeneración de tejidos, principalmente, si bien, se hizo mención que es importante para la reproducción asexual esta era opcional.

- **Diferencias**

Para el caso de las diferencias debía incluir por lo menos tres de las siguientes posibilidades:

- Tipo de reproducción
- Número de divisiones
- Número de células que se producen
- Tipo de células en las que ocurre
- Resultado de cada división
- Permite o no la variabilidad genética
- Produce o no la recombinación genética

- **Explicación de gametogénesis**

- Debían incluir una explicación de cómo participa la meiosis en la gametogénesis, ya sea que ocuparan el ejemplo de ovogénesis o de espermatogénesis. La definición del proceso era opcional.

La calificación asignada para cada rubro fue vaciada en una base de datos en Excel. Es importante señalar que cada rubro tenía un valor de 1. De tal forma que la calificación máxima para el formato y estilo era de 4 y para el contenido conceptual de 7.

La calificación del contenido conceptual es de siete debido a que los puntos incluidos en la definición fueron de 2, al igual que para la importancia y las diferencias (un punto para la meiosis y un punto para la mitosis), por último, para la explicación de la gametogénesis fue solamente un punto.

A continuación se muestra los rubros contenidos en la base de datos.

ESTILO Y FORMATO				
ESTUDIANTE	Título atractivo y relacionado con el tema.	Textos cortos, claros y directos	El mayor espacio está ocupado por imágenes	Las imágenes están distribuidas

CONTENIDO CONCEPTUAL							
Definición		IMPORTANCIA		Diferencias		Gametogénesis	
Estudiante	Definición de meiosis	Definición de mitosis	MEIOSIS (Recombinación genética, variabilidad genética y/o reproducción sexual)	MITOSIS (regeneración de tejidos y reproducción asexual).	MITOSIS (una división, no ocurre entrecruzamiento, ploídía final de las células, tipo de reproducción)	MEIOSIS (dos divisiones, número de fases, número de células que originan, ocurre entrecruzamiento, son células haploides, reproducción asexual)	Menciona o explica espermatogénesis y ovogénesis y donde ocurre la meiosis I y la meiosis II y el nombre de las células resultantes.

6.3. Resultados del bloque I

Grupo 1

En total los alumnos realizaron 6 carteles. A continuación se muestra la calificación del Estilo y formato que obtuvieron los estudiantes.

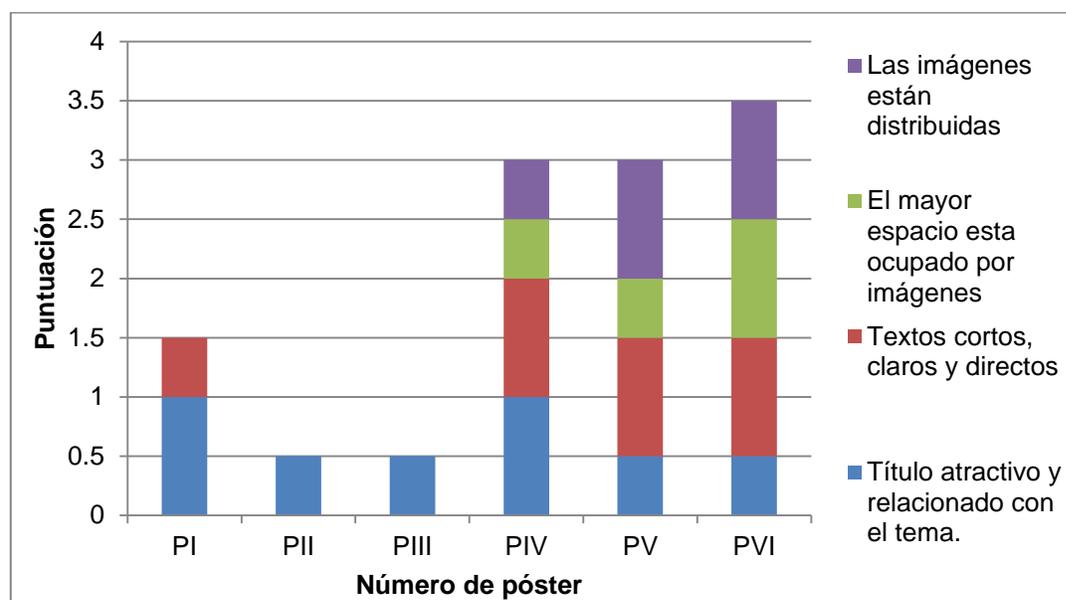


Figura 26. Evaluación del formato y estilo del Póster.

En general, solo cinco alumnos incluyeron en su póster un título atractivo y relacionado con el tema, el resto (16 alumnos) se limitó a escribir por título: “Mitosis y meiosis” o “Meiosis y mitosis”.

Con respecto al texto: 9 alumnos (póster IV V y VI) incluyeron textos claros, cortos y directos, a la vez que ayudan a comprender las imágenes. Los carteles II y III realizados por 4 y 5 alumnos, respectivamente, incluyeron textos largos (de más de 4 renglones) y no eran claros ni directos. El cartel I incluyó textos claros y directos pero largos. En cuanto a las imágenes solo dos alumnos, quienes elaboraron el cartel 6, las pondero sobre el texto y las distribuyo a lo largo del cartel. El resto incluyo imágenes muy pequeñas e incluyeron imágenes descargadas de la red que contenían errores. .

La evaluación del contenido conceptual contenida en los pósteres realizados por los alumnos del Grupo 1, se presenta en la Figura 27.

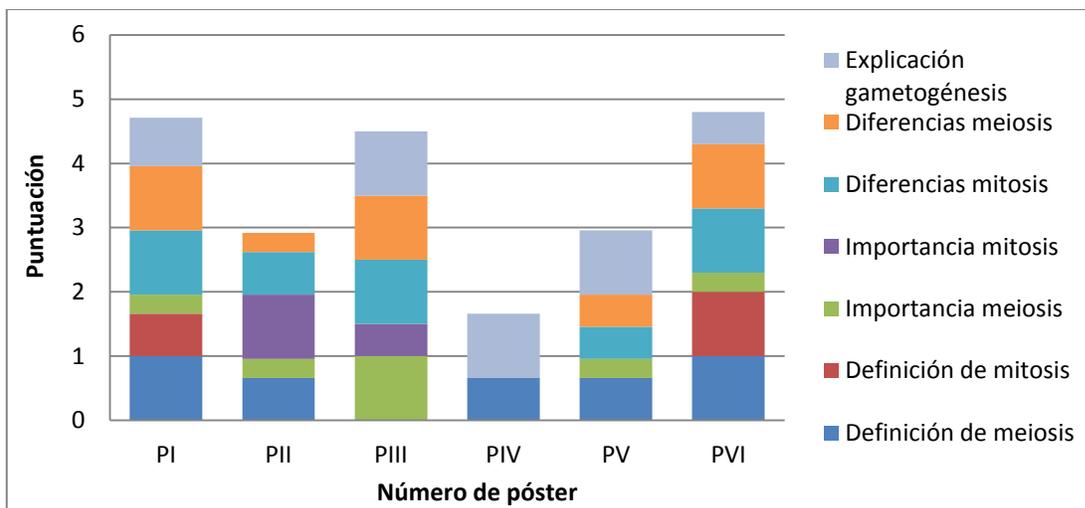


Figura 27. Evaluación del contenido conceptual por póster o cartel del Grupo 1.

EL COMIENZO DE TODO

MEIOSIS: es un proceso de división celular que ocurre únicamente en células sexuales, origina 4 células diferentes a la célula original. Es importante porque produce células diferentes que hace que todos seres humanos sean diferentes, uno de otros que a su vez ayuda a la conservación de la especie.

MITOSIS: es un proceso que origina 2 células hijas con idéntica información genética a la célula inicial.

LA FORMACIÓN DE CELULAS

MEIOSIS: Proceso de división celular que se produce en células sexuales. Consiste en la duplicación de la célula.

MITOSIS: Este tipo de reproducción simple, la célula se divide en dos células hijas que son idénticas a la célula madre.

DIFERENCIAS:

Meiosis	Mitosis
• Células sexuales	• Células eucariotas
• Responsable de la variedad genética.	• No diversidad genética.
• Reproducción asexual	• Reproducción sexual
• Cuatro células hijas	• Dos células hijas

OVIGÉNESIS: Es el proceso de formación de los óvulos o gametos femeninos. Las células germinales diploides germinales por mitosis. Las células ovogénicas se localizan en los folículos del ovario. Crean 13 meses migratorias, por lo que reciben el nombre de Ovocitos primarios.

ESPERMATOGÉNESIS: Es un proceso que se lleva a cabo en los testículos que produce los espermatozoides. Los espermatozoides son células germinales que se forman a partir de las células germinales diploides que se encuentran en los testículos. Los espermatozoides son células haploides que se forman a partir de las células germinales diploides que se encuentran en los testículos.

CICLO CELULAR

MITOSIS: PROCESO DE DIVISIÓN CELULAR DE TIPO ASEJUAL. SE DIVIDE EN 2 FASES:

- **INTERFASE:** INCREMENTA SU MASA VOLÚMEN Y ESTRUCTURA Y Duplica el ADN.
- **FASE G1:** LA CÉLULA CREE, INCREMENTA SU VOLUMEN Y MASA.
- **FASE S:** LOS CROMOSOMAS FORMAN DUEGOS COMPLETOS DEL GENOMA.
- **FASE G2:** LA CÉLULA HA MADURADO Y SE PREPARA PARA Duplicar el ADN.

MITOSIS (FASE M):

- **PROFASA:** EL ADN SE CONDENSA, SE FORMAN LOS CROMOSOMAS Y LOS CENTRÍOLOS EMIGRAN A LOS POLOS.
- **METAFASA:** LOS CROMOSOMAS SE ALINEAN AL ECUADOR Y SE FORMA EL USO.
- **ANAFASA:** SE ROMPE LA UNIÓN DE LOS CROMOSOMAS Y ESTOS EMIGRAN A LOS POLOS.
- **TELOFASA:** CONCLUYE LA SEPARACIÓN DEL MATERIAL GENÉTICO (Cromosomas) Y SE FORMA EL USO.

MEIOSIS: PROCESO DE DIVISIÓN CELULAR DE TIPO SEXUAL. SE DIVIDE EN 8 ETAPAS:

- **PROFASA I:** EL ADN SE CONDENSA Y SE FORMAN LOS CROMOSOMAS.
- **METAFASA I:** SE ALINEAN LOS CROMOSOMAS Y SE FORMA EL USO.
- **ANAFASA I:** SE SEPARAN LOS CROMOSOMAS HOMÓLOGOS.
- **TELOFASA I:** SE ORIGINAN 2 CÉLULAS HIJAS.
- **PROFASA II:** SE DESARROLLA NUEVAMENTE EL USO.

La Razón de la vida

Meiosis: Proceso de división que ocurre en células sexuales (gametos) que origina 4 células haploides.

Importancia: permite el crecimiento.

Espermatogénesis: Proceso de formación de las células sexuales masculinas. Se produce la meiosis.

Ovogénesis: Proceso de formación de las células sexuales femeninas. Se produce la meiosis.

Diferencia entre espermatogénesis y ovogénesis: Se acumula mayor cantidad de material nutritivo durante la ovogénesis que en la espermatogénesis.

Duplicación De CÉLULAS

MITOSIS: División Celular en células eucariotas somáticas. Da nuevas células idénticas a la célula progenitora.

MEIOSIS: Reduce a la mitad el número de cromosomas. Los gametos son haploides.

La mitosis y meiosis

Células hijas

Mitosis (Células somáticas) da células hijas idénticas no ocurre entre crecimiento.

Meiosis I

Meiosis II

Meiosis: Células diferentes, produce células sexuales y si ocurre entre crecimiento.

Robles Augusto
Armona Anette
González Rodrigo
309-A
Biología 7

Tabla 7. Carteles del Grupo 2 del primer bloque. Se presentan los 8 carteles del grupo 2. Se encuentran acomodados en el orden de 1 a 8

En general, un total de 16 alumnos incluyeron el tipo de células en donde ocurre la meiosis; 12 personas hacen referencia al número de células que se producen y 5 alumnos realizaron una definición completa; 7 personas incluyeron que las células son haploides y, 5 alumnos no definen correctamente a la meiosis.

En total 9 alumnos mencionaron que la mitosis produce células “idénticas”, “iguales” o “con la misma información genética”. Cinco alumnos lograron identificar el número de células que produce y siete el tipo de células en las que ocurre. El resto de los alumnos definieron mal la mitosis u omitieron la definición.

En total 14 alumnos (66%), carteles I, III, V y VI, mencionan que la meiosis es importante debido a que “ocurre el entrecruzamiento”, o bien, “da diferencias entre los individuos”.

En cuanto a la importancia de la mitosis un 19% saben que es importante para la regeneración de tejidos.

Las diferencias entre meiosis y mitosis que mencionan los alumnos fueron variadas, pero coinciden en ciertos aspectos. Un total de 12 alumnos (póster I, III y V) coinciden en incluir: el número de células resultantes. Ocho de los cuales mencionaron las fases que tiene cada tipo de división (póster I y III).

De los alumnos restante, nueve, cinco el tipo de células en el que ocurre (póster I y VI) y cuatro (póster II) confunden el tipo de reproducción y tipo de células en las que ocurre.

En el último apartado para explicar cómo participa la meiosis en la gametogénesis, en su mayoría (12 alumnos) optaron por explicar la espermatogénesis en forma de un esquema o serie. En cartel póster III incluyeron un esquema en donde se observa la participación de la meiosis I y meiosis II.

Dos equipos (póster I y V) realizaron un esquema de la ovogénesis, en donde incluyeron la participación de la meiosis I y la meiosis II. En el póster II (4 alumnos) esta una definición incompleta de ovogénesis y espermatogénesis, en la cual se dice que participa la meiosis.

Grupo 2

Del grupo 2 se obtuvieron un total de 8 carteles. Los alumnos en su mayoría se agruparon en parejas, a excepción del equipo II que realizó la actividad en entre tres personas.

A continuación se muestra la gráfica de referente a la evaluación del estilo y formato de los carteles elaborados.

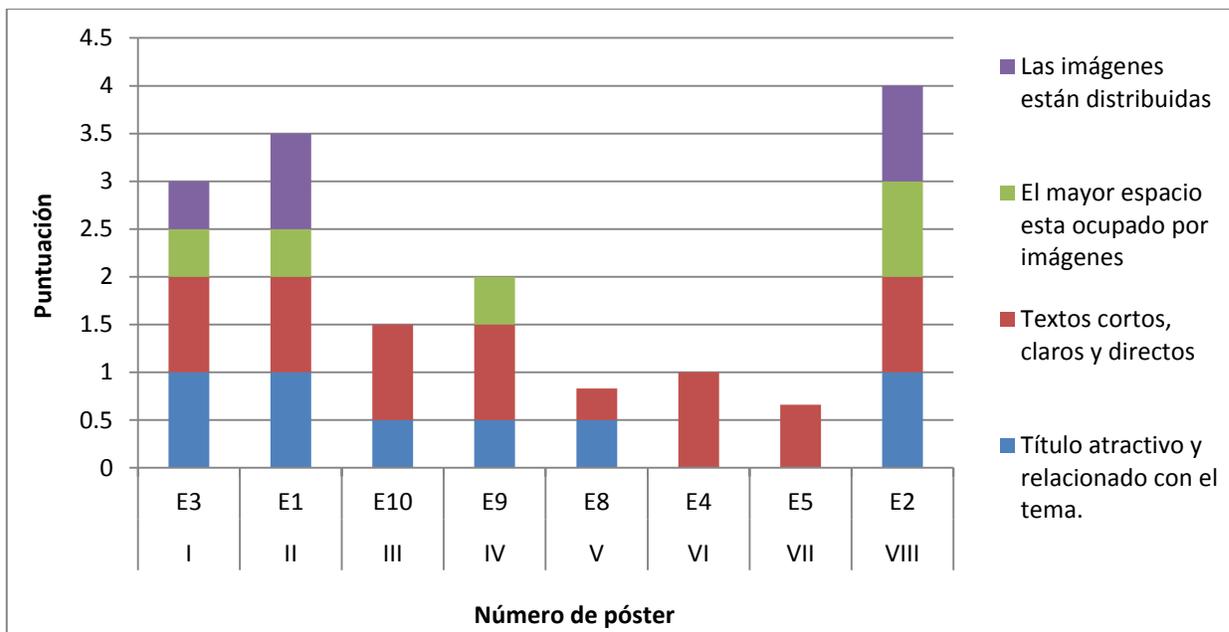


Figura 26. Evaluación del formato y estilo del Póster. Grupo 2.

De los 8 carteles que realizaron los alumnos, tres (póster I, II y VIII) incluyeron un título atractivo y relacionado con el tema. Los carteles restantes al igual que en el grupo 1 se limitaron a escribir títulos como: "Mitosis y meiosis".

En su mayoría los alumnos escribieron textos cortos (de no más de 3 renglones), que eran claros y directos. Solo en los pósteres V y VII se observan textos largos y poco claros.

Las imágenes en la mitad de los pósteres (I, II, IV y VIII) sobresalen más que el texto, contrario a los carteles restante (III, V, VI y VII) en donde el texto ocupa la mayor parte. Sin embargo, la distribución de las imágenes solo se observa en los pósteres I, II y VIII.

En la siguiente Figura 27 se muestra la evaluación conceptual de los pósteres elaborados por el Grupo 2.

Se presentan los siete carteles y los estudiantes que trabajaron en cada póster.

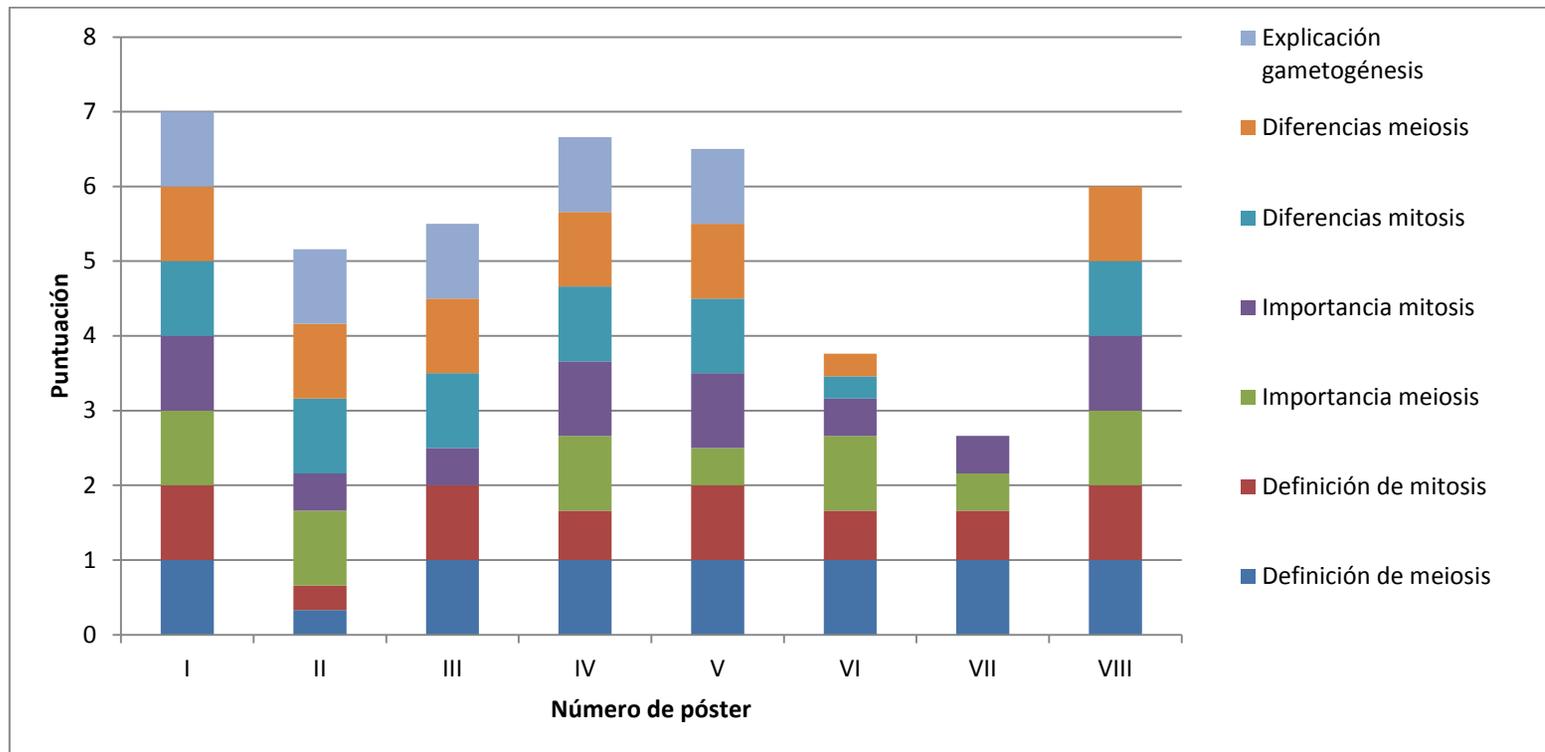


Figura 27. Evaluación del contenido conceptual por póster o cartel del Grupo 2.

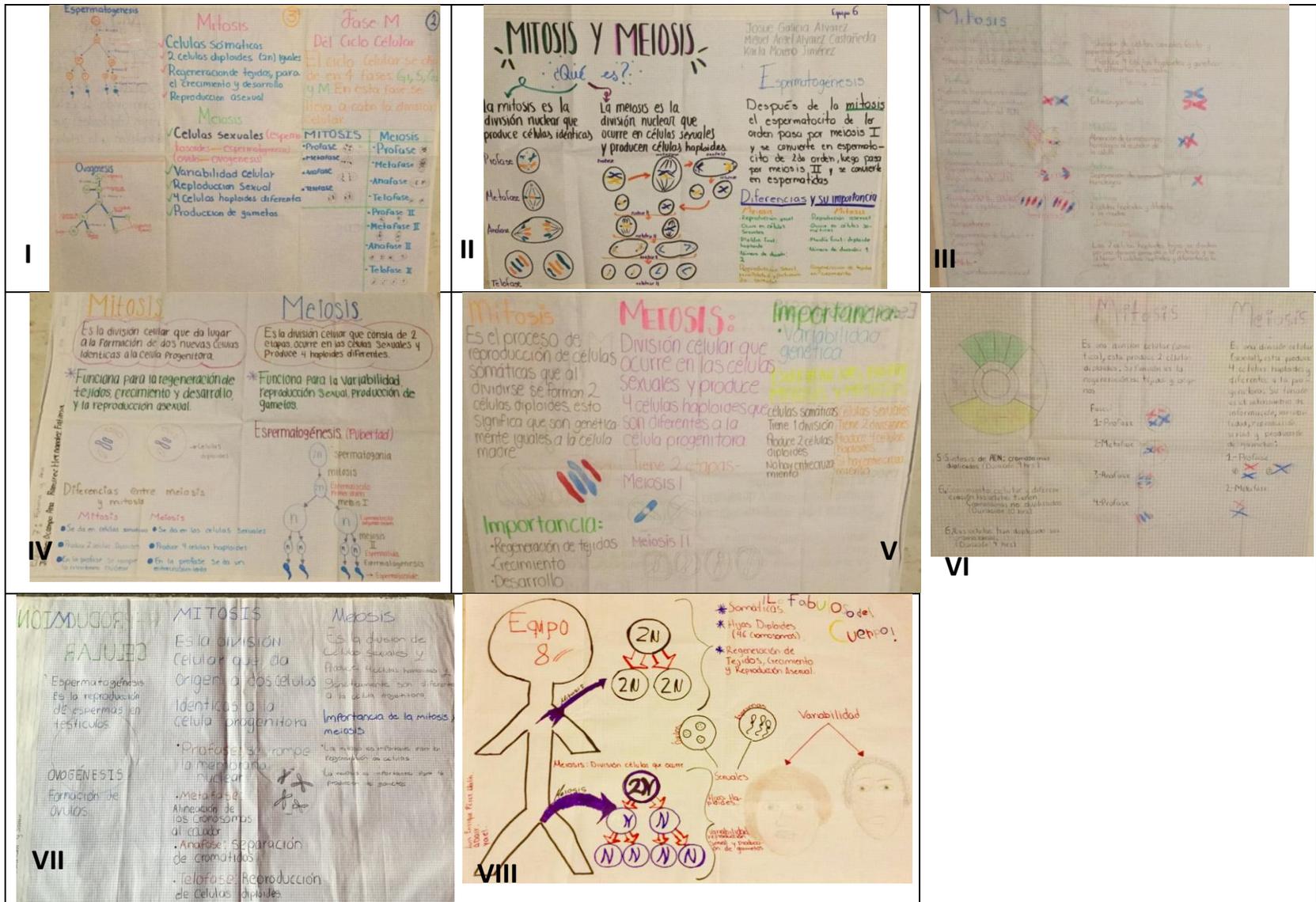


Tabla 7. Carteles del Grupo 2 del primer bloque. Se presentan los 8 carteles del grupo 2. Se encuentran acomodados en el orden de 1 a 8.

En siete de los ocho carteles, 15 alumnos definieron de forma completa a la meiosis, en el caso del póster II faltó que incluyeran el número de células que se producen en la meiosis y decir que son diferentes.

Un total de 8 alumnos hacen una definición completa sobre la mitosis (pósteres I, III, V y VIII). El resto de los alumnos, nueve, omitieron que sucede en células somáticas o el número de células resultantes o que produce células iguales.

En lo cuanto a la importancia de la meiosis 11 alumnos mencionaron que es importante, para la “variabilidad genética/variación genética, producción de gametos y/o reproducción sexual”. Del resto de los alumnos, solo dos no mencionaron la importancia de la meiosis y los 4 restantes especificaron que sirve para la variación genética o para la producción de gametos.

Un total de siete alumnos mencionaron que la mitosis es importante para el crecimiento, regeneración de tejidos y para la reproducción asexual. Seis alumnos (pósteres II, III y VII) señalan que es importante para la regeneración de tejidos y el crecimiento. Cuatro alumnos mencionaron que es importante para el crecimiento y/o regeneración de tejidos.

En cuanto a las diferencias entre mitosis y meiosis un total 11 alumnos indicaron el tipo de células en donde ocurre la meiosis como la mitosis o la ploidía de las células resultantes en la meiosis y la mitosis. Siete alumnos mencionaron el tipo de reproducción y 6 alumnos el número de células resultantes y en el cartel IV y V si ocurre o no entrecruzamiento. El cartel VII no incluyo ninguna diferencia.

Para explicar la gametogénesis los alumnos se dividieron en diferentes grupos. Los seis alumnos que realizaron un esquema pero no incluyeron en que momento participaba la meiosis I y meiosis II. Aquellos que realizaron un esquema y mencionan en que momento ocurre la meiosis I y meiosis II (5 alumnos). Los que realizaron un esquema incompleto (4 alumnos). Y cuatro alumnos que explicaron con sus propias palabras y no incluyeron esquema.

Bloque II

Grupo A

El grupo A elaboro en total cuatro carteles. En la figura 28 se presentan los resultados de la evaluación del Formato y estilo.

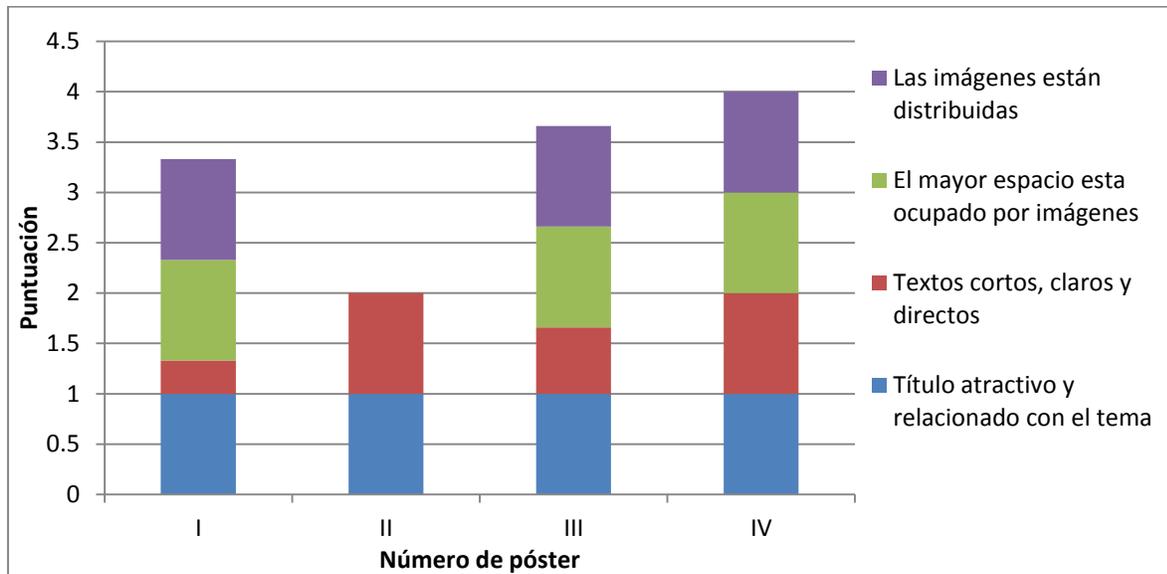


Figura 28. Evaluación del formato y estilo del Póster. Grupo A.

En tres carteles el título fue atractivo y relacionado con el tema como, por ejemplo, “Sex and mitosis” o “Meiosabes?”. En el caso de los textos, 9 alumnos (pósteres II y IV) incluyeron textos cortos, claros y directos, mientras que en el póster I el texto era largo y poco claro y en póster III los textos eran largos pero claros.

La inclusión de imágenes y su distribución en el espacio fue realizada de forma correcta en los carteles I, III y IV (en total 12 alumnos). El cartel II no incluyó imágenes.

La Figura 29 presenta la evaluación conceptual de los carteles elaborados por el Grupo A.

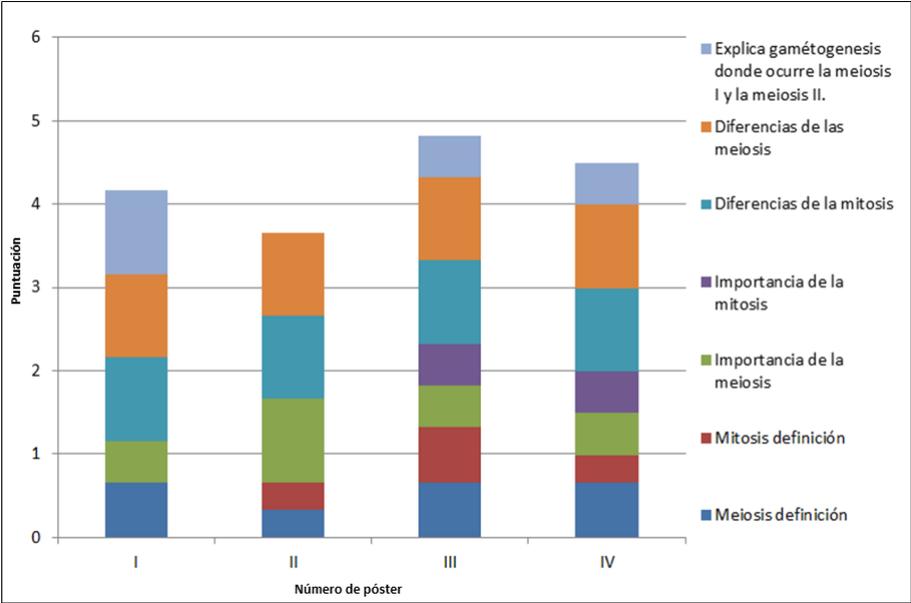


Figura 29. Evaluación del contenido conceptual por póster o cartel. Grupa A.

La Tabla 8 presenta los carteles elaborados por el Grupo A.

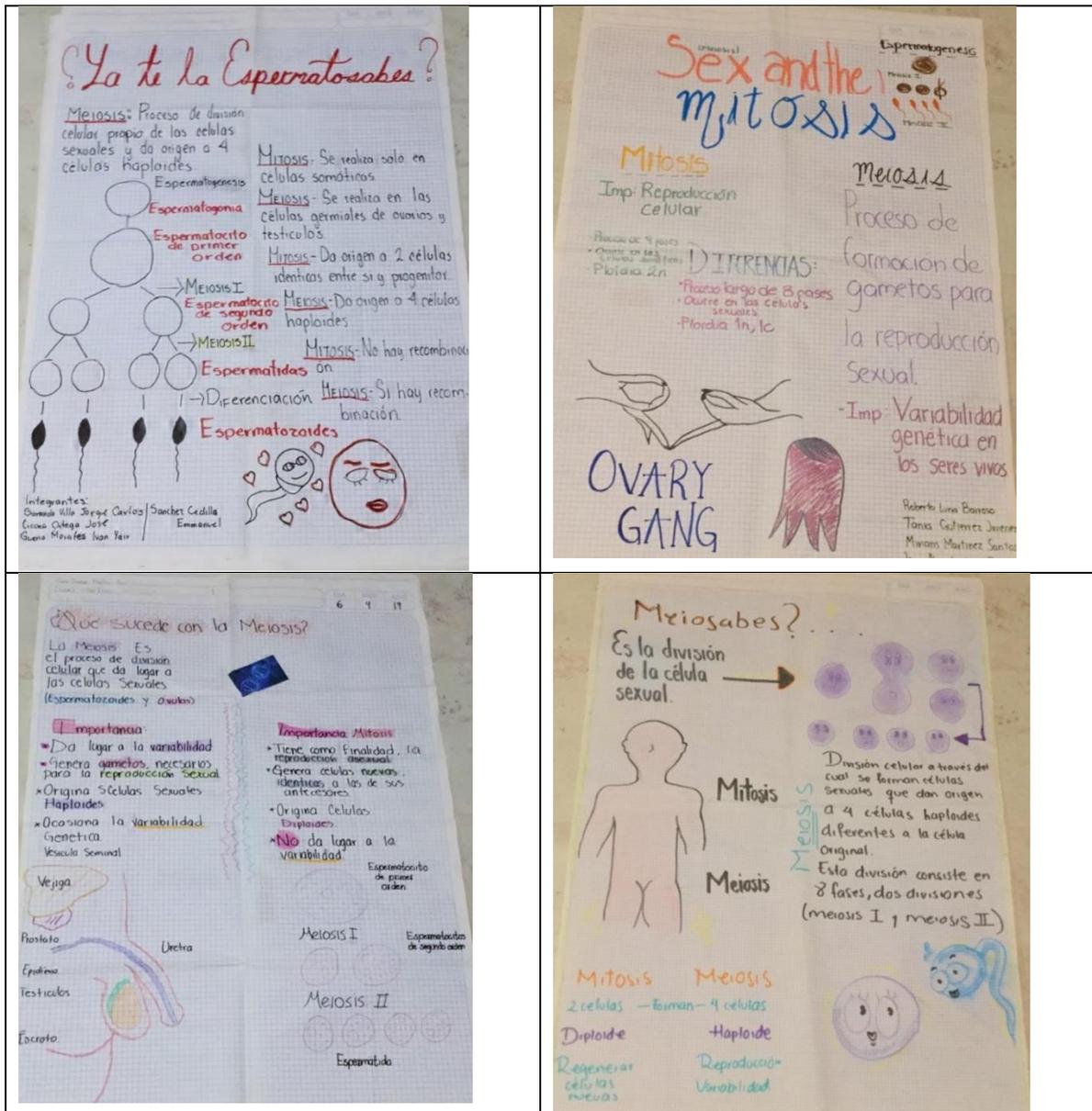


Tabla 8. Carteles del Grupo A del segundo bloque. Se presentan los 8 carteles del grupo 2. Se encuentran acomodados en el orden de 1 a 8.

Todos los alumnos indicaron el tipo de células en la que ocurre la meiosis, de los cuales, ocho reconocen el número de células que se producen y, 5 alumnos especificaron que las células resultantes son diferentes.

En cuanto a la definición de la mitosis cuatro alumnos expresaron que es un proceso de división que ocurre en células somáticas, tres hicieron referencia a que son células iguales y, 4 alumnos mencionaron que son 2 células resultantes. El número restante de alumnos omitieron la definición.

En total de 11 alumnos mencionaron que la meiosis es importante para la variabilidad. Ocho alumnos mencionaron que es importante para la recombinación genética y cuatro estudiantes indicaron que es importante para la reproducción.

En cuanto a la importancia de la mitosis, siete alumnos incluyeron que está es importante para la reproducción asexual o la regeneración de las células. Los alumnos restantes no mencionaron la importancia.

Para las diferencias entre mitosis y meiosis se encontró que un total de 11 alumnos mencionaron la ploidía final de las células en ambos casos. Ocho el número de células a las que da origen cada proceso y si ocurre la recombinación o no.

De un total de 12 alumnos, cuatro mencionaron el tipo de células en las que ocurre la mitosis y la meiosis, o el número de fases o células resultantes. Tres mencionaron el tipo de reproducción y si se origina o no variación

Para la explicación de la gametogénesis, once alumnos realizaron un esquema en donde se observa las cuatro células resultantes y en que momento participa la meiosis I y la meiosis II. Ocho incluyeron la ploidía de las células y la cantidad de material genético. Cuatro alumnos realizaron un esquema sobre la gametogénesis, pero no especifica en que momento ocurre la meiosis.

Grupo B

La siguiente figura presenta los resultados del Grupo B en cuanto a la evaluación de formato y estilo.

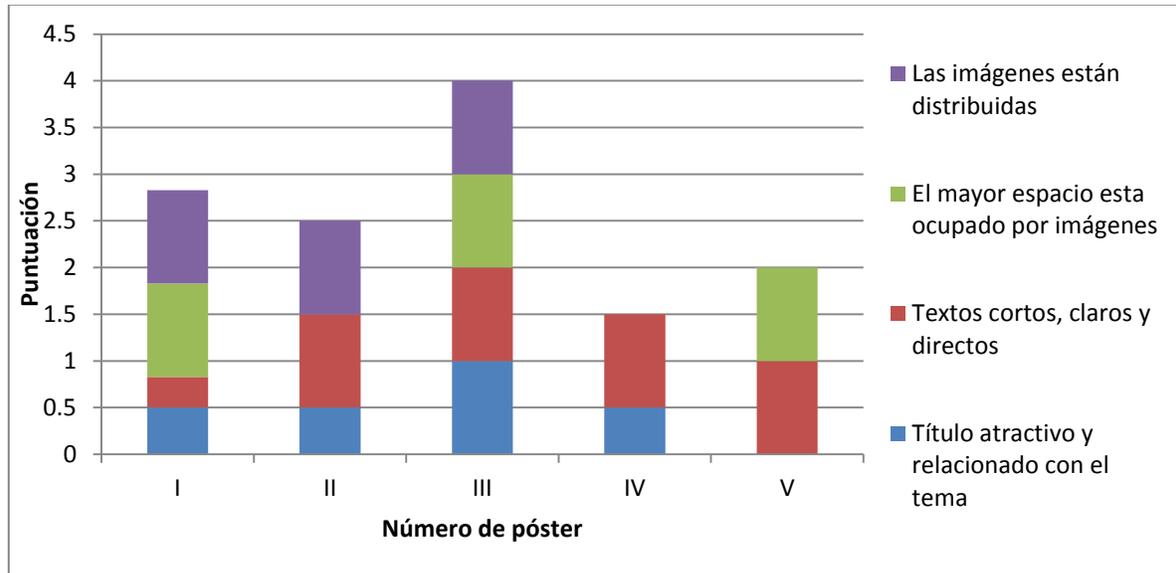


Figura 30. Evaluación del formato y estilo del Póster. Grupo B.

En cuanto al título en su mayoría (12 alumnos) optaron por escribir un título relacionado con el tema, pero que no era atractivo como “La importancia de la meiosis” o “Que sucede con la meiosis”. El texto que incluyeron 12 alumnos fue corto, claro y directo. Los 3 alumnos restantes incluyeron texto corto, pero no era claro ni directo.

En este grupo todos los estudiantes incluyeron imágenes en sus carteles, pero en el caso de los estudiantes que elaboraron el póster IV las imágenes eran pequeñas y no estaban distribuidas en el espacio lo que explica porque no obtuvieron ningún punto. En los carteles I y III las imágenes ocupan el mayor espacio y están distribuidas en el espacio contrario al póster III y IV que solo cumplieron una de las dos características.

La evaluación del contenido conceptual de los carteles elaborados por el Grupo B se presenta a continuación.

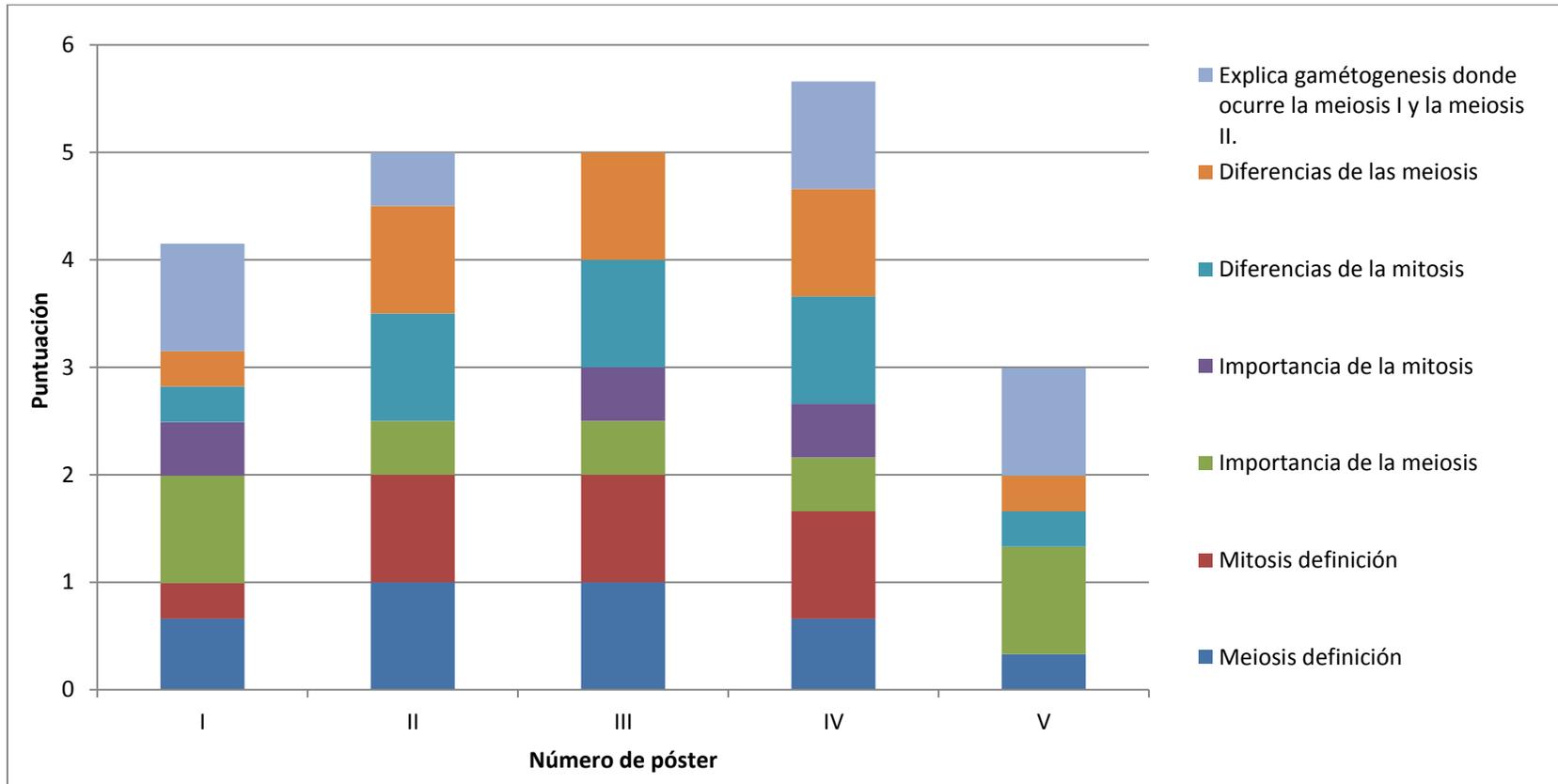


Figura 31 Evaluación del contenido conceptual por póster o cartel. Grupo B

LA IMPORTANCIA DE NEEER MEIOSIS

Es el proceso de reproducción celular en el que las células se dividen para producir gametos con la mitad de los cromosomas de las células parentales.

Es importante para dar variedad en la genética de cada especie. A diferencia de la mitosis, donde se crean células idénticas, que clonamos a nosotros mismos, y se replican en una sola división, en las organismos que se reproducen por meiosis, se dividen en dos veces para producir gametos.

Espermatogenesis: Diagram showing the production of four equal sperm cells from one diploid cell.

Oogenesis: Diagram showing the production of one large egg cell and three small polar bodies from one diploid cell.

Genes: Diagram showing the inheritance of chromosomes from parents to offspring.

Autores: Carlos Sánchez, Juan Pablo Espinoza, Carlos Vique, Ana María.

Diferencias

- Meiosis: células sexuales (gametos)
- Mitosis: células asexuales (somáticas)
- La Meiosis origina 4 células (células haploides)
- La Mitosis origina 2 células (células diploides)
- La meiosis lleva a cabo la sinapsis (recombinación genética)
- La mitosis se divide de su célula original y produce dos células iguales.

Definición

Proceso de División Celular en el que 2 gametos (M y F) recombinan sus cromosomas para generar 4 células nuevas y diferentes.

Espermatogenesis

Autores: Ricardo Alcántar, Sinuhe Magaña, Mauricio Avila.

II

NO HAGAS LA GUERRA, HAZ MEIOSIS

¿Qué es? Proceso de división celular que produce células hijas con la mitad de los cromosomas de la célula madre.

Pero también existen células que se reproducen a través de un proceso llamado MITOSIS.

¿Por qué es importante? (y diferenciada)

Meiosis: Variabilidad genética. Los gametos son una gran familia de los gametos. El doble parental.

Mitosis: Regeneración regular. Las células somáticas tienen genética igualada. No todos pertenecen.

Autores: Rodrigo Sánchez, Halid Dajani, Lora Martínez.

Meiosis: proceso de división celular donde se divide el material genético.

Importancia: Mitosis: Sin ella no habría regeneración celular. Meiosis: Da origen a la variabilidad genética.

DIFERENCIAS

<ul style="list-style-type: none"> Se produce en células somáticas. Una división celular. 2 células con la misma información genética. 	<ul style="list-style-type: none"> Se produce en células gaméticas. dos divisiones celulares. 4 células diferentes.
---	--

Autores: Rodrigo Sánchez, Halid Dajani, Lora Martínez.

IV

Una pareja y cuatro hijas diferentes.

Reproducción en donde a partir de una célula madre se crean cuatro células hijas idénticas a la madre.

1 En la mitosis no ocurre el entrecruzamiento, mientras que en la meiosis sí.

2 En la meiosis, en la metafase los cromosomas se alinean al ecuador y en la mitosis no.

3 En la meiosis durante la anafase se separan los cromosomas homólogos y en la mitosis no.

Permite la variabilidad genética.

Permite la reproducción.

Autores: Mateo Morales, Valeria Emilia, Karolayne, Rosita Cruz.

V

Tabla 8. Carteles del grupo B del bloque II.

De forma general un total de 9 alumnos (póster I, III y IV) identifican el tipo de células en donde ocurre la meiosis (células sexuales, gametos o células gaméticas) y también mencionan que son diferentes (tienen una combinación diferente o son diferentes entre ellas).

Tres alumnos mencionaron que el proceso ocurre en células sexuales. En el caso del póster V, los alumnos mencionaron el número de células resultantes, pero confunden las características de estas debido a que especificaron que son iguales.

El número de alumnos que definen correctamente a la mitosis fue de seis y, de los nueve alumnos restantes, seis incluyeron solo una o dos partes de la definición (póster I y póster IV) y, tres no definieron en su póster la mitosis.

En total los 15 alumnos incluyeron y/o representaron en los carteles que la meiosis es importante para la variación o variabilidad genética o para la combinación de genes. Algunos alumnos representaron la variación con dibujos de dos osos en los que se observan diferencias, otros optaron por dibujar primero a unos padres diferentes y que a partir de ahí nacen hijos que son diferentes entre sí.

Otros seis alumnos mencionaron que es importante para la reproducción sexual y tres mencionaron que es importante para la generación de células sexuales.

En cuanto a la mitosis, nueve alumnos coinciden en que es importante para la regeneración de tejidos (póster I, III y IV) y tres en que produce células iguales y los tres restantes no lo mencionan.

Las diferencias en las que coincidieron 12 alumnos fue en mencionar o dibujar el tipo de células en las que ocurre la meiosis y la mitosis, de estos doce alumnos; 9 mencionaron el número de células resultantes; seis el número de divisiones; tres si ocurre o no variabilidad y; tres la ploidía final de las células. Los tres alumnos restantes mencionan que ocurre entrecruzamiento, separación de cromosomas homólogos en el caso de la meiosis.

Para la explicación de la gametogénesis 12 alumnos realizaron un esquema para explicarla. Tres alumnos indicaron en que momento ocurre la meiosis, seis

alumnos especificaron la ploidía final de las células. Tres alumnos no mencionaron en que momento ocurre la meiosis y el equipo III no incluyó ninguna explicación en torno al tema.

De forma general, los estudiantes incluyen en sus carteles conceptos como haploide, diploide, variación genética o variabilidad, recombinación y utilizan la letra C para distinguir la cantidad de material genético, además, entre las diferencias que mencionan entre la mitosis y la meiosis están el número de fases que posee cada una y el número de células que se producen. Finalmente, los estudiantes utilizan esquemas para representar la meiosis y, en algunos casos incluyen los momentos en que ocurre la meiosis o bien utilizan las letras n y c para distinguir la ploidía y el material genético de cada célula que se forma.

7. Discusión

Diseño e implementación de la estrategia

Durante el diseño y la implementación de la estrategia se hizo evidente que es fundamental contar con una planeación que especifique el uso y el manejo de cada recurso audiovisual, ya que las imágenes y los esquemas, principalmente, son descriptivos pero no son interpretables por sí mismos y, los estudiantes desconocen cómo examinar los esquemas y las imágenes.

Además, como menciona Pam (2019) y Tapia & Arteaga (2012) la lectura de las imágenes y gráficos de ciencias es compleja para los estudiantes porque deben de atender tanto el texto como lo visual y, sin las habilidades adecuadas, no es posible que comprendan de forma adecuada los gráficos o que puedan construir el significado que tienen.

Por lo tanto, los estudiantes requieren de una guía que proporcione los elementos necesarios para realizar la lectura e interpretación de los esquemas y las imágenes. Por ejemplo, una vez que se resalta la función de los rótulos se pueden identificar las fases de meiosis. También, observar la posición de los cromosomas

a lo largo de la división celular permite recordar y comprender lo que sucede en cada fase.

Por otro lado, la implementación de la estrategia en el aula tuvo ciertas complicaciones, sobre todo en cuestión de tiempo y la secuencia de las actividades.

En el bloque I se decidió reducir el tiempo de las actividades de la estrategia con el fin de que los estudiantes conocieran el tema de Ciclo celular y mitosis para que fuera más fácil comprender el tema de meiosis, ya que muchos conceptos se comparten y, es el primer acercamiento a la división celular que verán en el curso de Biología I.

La reducción en el tiempo de las actividades la realicé en la primera sesión ya que hasta ese momento tuve conocimiento de que los estudiantes no habían visto el tema.

De forma personal, el manejo del tiempo se me dificultó debido a que, los grupos 1 y 2 fueron los primeros grupos a los que impartí una clase formal y resultó difícil comenzar y terminar las actividades en el tiempo en la que fueron planificadas.

Además, al no ser la profesora titular del grupo, algunos estudiantes llegaban tarde a las clases, o bien, no prestaban la suficiente atención lo que dificultó terminar las actividades en tiempo y forma.

En el caso del Bloque II, a pesar de contar con solo cuatro horas para implementar la estrategia, se logró llevar a cabo las actividades en un menor tiempo, lo que puedo atribuir a varios factores. El primero es que, al ser estudiantes de último semestre, llevan mayor tiempo adaptándose al modelo educativo del CCH y son más autónomos al momento de realizar las actividades, lo que significa que no se tienen que repetir las instrucciones más de una vez e incluso van resolviendo las siguientes actividades sin necesidad de solicitarlo.

La segunda es que, ya contaba con una mayor experiencia en cuanto al control del grupo y el manejo de tiempos y, supe con anticipación que contaba solo con cuatro horas para implementar la estrategia.

Otro factor es que, al ser la segunda vez que implemente la estrategia era consciente de las actividades que podían dificultarse a los estudiantes y que requerían más tiempo. Entre ellas, observar con detenimiento los esquemas y analizar los elementos que lo componen (nombres de las fases, rótulos de la cantidad de ADN, las imágenes de los cromosomas en cada fase) y, realizar el póster les toma a los estudiantes un promedio de 1 hora a 1 hora y media.

Si bien, el diseño de la estrategia ayudó a planificar las actividades, diseñar y encontrar los recursos audiovisuales más adecuados para los estudiantes y, aprender el uso y el manejo de estos en el aula; la implementación fue un reto pues hay que adecuar y modificar en el momento ciertas actividades dependiendo de las situaciones que se presenten o los requerimiento de los estudiantes. Por ejemplo, explicar y retomar conceptos que no han quedado totalmente claros

Por lo anterior, la estrategia didáctica se propone como una guía no como una receta puesto que es perfectible y las actividades deben ser adaptadas en tiempos y según las necesidades de los estudiantes y el docente, quien puede modificar las actividades y encontrar recursos audiovisuales que enriquezcan la estrategia y el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Evaluación diagnóstica

La evaluación diagnóstica arrojó resultados en los que coincide el bloque I y el bloque II. Todos los estudiantes identifican a la célula como unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos, lo que resulta fundamental pues, es a nivel celular donde ocurre el proceso de meiosis.

Los alumnos confunden envoltura nuclear con membrana celular, debido posiblemente a que la membrana celular cumple la función de proteger la célula y

su contenido; mientras que, la función de la envoltura nuclear es la de proteger y resguardar el ADN de la célula.

Más del 90%, de los alumnos del Bloque I y del Grupo A del Bloque II identifican a los cromosomas como estructuras que se encuentran en el núcleo están conformado por cromatina y contienen genes. Sin embargo, el 40% de los alumnos (23 estudiantes) del Bloque I enfrentan dificultades al momento de señalar cada una de las partes que conforman los cromosomas (cromátida, centrómero y gen); en el caso del Bloque II apenas el 20% de los estudiantes del grupo A y el 13% del grupo B, reconocieron las partes que conforman los cromosomas.

De acuerdo con Villada- Salazar (2011) es fundamental que los estudiantes tengan bien cimentados los conocimientos en torno a la célula, ADN y cromosomas, pues esto les permite comprender mejor la división celular.

En cuanto a las fases del ciclo celular, en el Bloque I, más del 60% de estudiantes del grupo 2 (11 alumnos) identifican el orden de las fases, mientras que, solo el 25% de alumnos del grupo 1 conocen el orden de las fases, esto debido a que, el grupo 2 realizó el cuestionario diagnóstico después de revisar el tema.

En el Bloque II a pesar de haber visto el tema solo el 13% de los estudiantes identifican el orden de las fases del ciclo celular, debido probablemente a que vieron el tema en poco tiempo y de forma apresurada.

Resultó evidente que los estudiantes del bloque I y del bloque II confunde el tipo de células en donde ocurre la mitosis y la meiosis, sin embargo, reconocen que es una división celular.

Además, en el Bloque II identifican que la división celular está relacionada con el ADN, lo cual es importante ya que identifican que los cromosomas están hechos de ADN.

Los resultados previos a la intervención didáctica coinciden con los comentados por Villada-Salazar, (2011) y Velasco-Ruíz & Navarro-Torres (2014), quienes a

través de evaluaciones diagnósticas y años de experiencia reconocen que los estudiantes de bachillerato presentan confusiones entre los procesos de división celular (mitosis y meiosis) debido a que, en ambos casos se habla del movimiento y la separación de los cromosomas y, producción de células nuevas.

Además, confunden o desconocen ciertos conceptos básicos como cromosoma y ADN. Incluso solo relacionan el ADN con células sexuales pues son las que participan en la reproducción sexual.

La evaluación diagnóstica permitió, por un lado, conocer y saber cuáles eran los conceptos y temas que los estudiantes desconocen y que debían de retomarse antes de comenzar los temas; por otro, me permitió a mí y a los estudiantes saber cuáles de las ideas y conocimientos están correctos o dominan de forma parcial aun cuando no han visto el tema de mitosis.

Es decir que, a pesar de que la mitosis, es un proceso complejo para los estudiantes no es ajeno a ellos y, poseen una idea acerca de este. Por ejemplo, mencionaron que “es una división”, “sirve para la reproducción”, “ocurre en células somáticas no sexuales”.

En el caso de la meiosis y la gametogénesis los alumnos del Bloque I y el Bloque II poseen cierta información intuitiva que les permite, en primer momento, definir que es gametogénesis, ya que realizaron la definición con base en las palabras que conforman el término.

Si retomamos la frase de que, los estudiantes aprenden a partir de los que ya saben es fundamental realizar una evaluación diagnóstica, pues como se evidenció en muchos casos sus ideas en torno al tema están correctas o parcialmente correctas y se sustentan bajo una idea científica.

Contribución de los recursos audiovisuales a la enseñanza-aprendizaje

En la literatura no existen trabajos que utilicen diferentes recursos audiovisuales para la enseñanza-aprendizaje de los temas: meiosis y gametogénesis. Los trabajos que existen utilizan solo un recurso audiovisual, ya sea imágenes o

ilustraciones como Tapia (2012) o videos como Hernández (2016) y Ocelli et al., (2017).

Sin embargo, los estudios de Hernández et al., (2016), Tapia (2012) y Suárez (2017) coincide en que es necesario incluir las imágenes o ilustraciones, videos o esquemas, ya que facilitan comprender procesos biológicos complejos o conceptos propios de las ciencias naturales.

Los autores también señalan que para que una imagen, video o esquema facilite el proceso de enseñanza-aprendizaje es necesario un adecuado uso y manejo de estos.

En nuestro caso particular, cada recurso audiovisual facilitó la enseñanza-aprendizaje debido a la función y uso que se le dio dentro de la estrategia. Las imágenes de los cachorros permitieron que los alumnos se interesaran y motivaran por el tema y, sin que fuera de su conocimiento observaron el resultado de la recombinación genética en un individuo que forma parte de su vida cotidiana.

Los videos facilitaron explicar la gametogénesis humana pues, representaron el nivel celular y el nivel cromosómico y, en el caso de ovogénesis el proceso se observó en cuestión de minutos, sin que esto fuera un impedimento para mostrar que, la meiosis ocurre de forma discontinua en diferentes etapas del ciclo de vida.

Si bien, no se cuenta con una escala o medida en la que los videos facilitaron el aprendizaje de los estudiantes. De acuerdo con Hernández et al., (2016) y Ocelli et al., (2017) los videos permiten la construcción de significados, promueven la modificación de ideas y generan espacios para mostrar procesos que no se pueden observar en tiempo real. Siendo este último el más evidente ya que permitió observar el proceso de gametogénesis.

Los esquemas permitieron que los alumnos observaran una representación de los cromosomas y lo que ocurre a un nivel microdimensional en la división celular, así como, los sucesos más importantes, como la recombinación genética.

El uso de los esquemas se vio reflejado en los carteles ya que la mayoría de los estudiantes incluyeron un esquema para representar la meiosis o la gametogénesis, lo que se debe, según Postigo & López-Manjón (2019), a que los esquemas facilitan a los estudiantes representar sus conocimientos.

Por otra parte, al presentar de forma conjunta los esquemas de mitosis y meiosis resulta más sencillo para los estudiantes realizar una comparación y contrastación entre los procesos de división celular.

De forma general, los recursos audiovisuales permitieron presentar procesos que son imperceptibles al ojo humano y que suceden en un tiempo que abarca diferentes etapas del ciclo de vida de un ser humano.

El constructivismo y el cambio conceptual

El cambio conceptual como proceso de construcción de conocimiento, implica la adquisición de conocimientos científicos, es decir, el sujeto de aprendizaje a partir de un conflicto cognitivo realiza una reestructuración de sus ideas previas para incorporar conceptos componentes de la teoría científica (Pozo, 1996; Bello, 2004; Raynaudo & Peralta, 2017).

En la estrategia didáctica las actividades que favorecieron el cambio conceptual se pueden englobar en cinco partes. Primero, durante la Actividad 1. Cuestionario diagnóstico y la Actividad 2. Lluvia de ideas, los alumnos retomaron las ideas y los conocimientos en torno al tema.

La Actividad 2 permitió realizar una pequeña discusión entre aquellos estudiantes que habían mencionado conceptos correctos o parcialmente correctos y, cuestionaban las respuestas de aquellos que presentaban confusiones entre, por ejemplo, el tipo de células en donde ocurre la mitosis y el tipo de células que produce.

La segunda parte contempla la Actividad 3. ¿Por qué se presentan diferencias entre hermanos? donde la pregunta problematizadora y la discusión en torno a las imágenes permitieron, primero, que aquellos estudiantes que tuvieron la

oportunidad de realizar la investigación realizaron una búsqueda de información consciente y a detalle pues la respuesta a la pregunta no se encuentra con solo copiar y pegar la información en el buscador, pero en algunos libros de texto y videos, al iniciar la explicación sobre la meiosis, mencionan que esta puede explicar la diferencia que existen entre hermanos.

La discusión en torno a la pregunta y las imágenes obligo a aquellos estudiantes que no habían realizado la investigación a desprenderse de su respuesta inicial en la que comentaron que “las diferencias entre hermanos se debe a que el 50% de la información proviene de la madre y 50% del padre” lo cual explica de forma parcial porque encontramos diferencia entre hermanos.

En el caso en el que los estudiantes realizaron la investigación y encontraron la misma respuesta, llego un punto en el que la información que encontraron no logró explicar ciertos aspectos. Por ejemplo, como se podía explicar la diferencia en la pigmentación de los perritos.

Si bien, los estudiantes tenían una idea en la que el ADN se distribuye, no eran conscientes o desconocían que esta información se recombina y se distribuye de forma aleatoria en el proceso de meiosis.

En este punto, los estudiantes estaban frente a un conflicto cognitivo en donde tal y como lo menciona Raynaudo & Peralta, (2017) el sujeto de aprendizaje se enfrenta a una situación en la que sus conocimientos previos no pueden dar una explicación a un fenómeno natural y deben realizar una reestructuración, acomodación y asimilación de conceptos científicos que permitan darle respuesta.

Para poder adquirir la información que diera respuesta se realizaron la Actividad 4. ¿Cómo ocurre la meiosis y la mitosis? y la Actividad 5. ¿En que se parecen la mitosis y la meiosis?, que conforman la tercera parte.

El fin de las actividades fue presentar las divisiones celulares (la meiosis y la mitosis) para que, al realizar la lectura de los esquemas, los estudiante en conjunto con el docente, fueran incorporando y diferenciando conceptos como

célula somática, célula sexual, célula haploide, célula diploide, cromosoma homólogo y recombinación genética. .

Durante la explicación de la meiosis se hizo especial énfasis en como ocurre la recombinación genética y como esto puede explicar las diferencias entre hermanos.

Además, preguntar a los alumnos cual era la importancia de la variabilidad genética permitió que relacionaran el tema con la evolución y la diversidad que existe en la naturaleza. Por ejemplo, un alumno en el grupo 1 comento que “en las plantas si todas fueran iguales si llegará una plaga entonces acabaría con todo el cultivo”, esta respuesta evidenció la importancia de la variabilidad genética frente a cambios ambientales.

La cuarta parte, engloba la Actividad 7. La participación de la meiosis en la gametogénesis y la Actividad 8. Diferencias y similitudes entre ovogénesis y espermatogénesis en la que los estudiantes conocieron el proceso de gametogénesis y la participación de meiosis en este.

La quinta parte corresponde a la Actividad 9. Elaboración de póster en la que los estudiantes utilizaron y relacionaron los conceptos adquiridos para poder representar de forma visual la meiosis y la gametogénesis.

Con la última actividad se tuvo evidencias acerca del cambio conceptual pues la actividad consistió en utilizar y relacionar los conceptos adquiridos y/o modificados, lo cual según Pozo (1999) y Birchenall (2009) forma parte del proceso para realizar un cambio conceptual en los estudiantes.

Evaluación del aprendizaje a través de la elaboración del póster

La elaboración de un póster contrario a la resolución de un examen con preguntas de opción múltiple, según Perea & Muñoz (2013) “es un proceso complejo que implica sintetizar, organizar, analizar y presentar de forma concisa y amena una información que debe ser comprendida por la persona que la ve”.

Por lo tanto, la elaboración de un cartel exige a los estudiantes realizar un proceso cognitivo de orden superior que memorizar, pues los conocimientos que han escrito o recuerdan, deben ser trasladados a una representación visual de estos, lo que requiere una asimilación, restructuración y modificación de sus esquemas mentales para poder comprender los conceptos y hacer una representación visual de lo que han entendido.

Así, que los alumnos realizarán un cartel sobre la meiosis y la gametogénesis permitió que complementaran o corrigieran los conocimientos que habían aprendido.

Además, debido a que realizaron de forma grupal el cartel tenían que llegar a acuerdos con sus compañeros acerca de la información que colocarían, lo cual seguramente ayudó aclarar conceptos entre los estudiantes; a la vez que se favoreció el trabajo colaborativo con sus compañeros.

Por otra parte, como menciona Dominguez *et al.*, (2011) en los pósteres la capacidad de síntesis, la jerarquización de la información y la sustitución de la palabra por la imagen es algo fundamental. Lo que permitió a los estudiantes expresar con imágenes y palabras claves la información central. Por ejemplo, para representar y explicar la variabilidad genética estudiantes del Bloque I y del Bloque II dibujaron una familia en la que los padres tenían características diferentes y por lo tanto, los hijos que dibujaron eran diferentes a los papás, pero presentan características de cada progenitor.

En el caso de la mitosis estudiantes del Bloque I y del Bloque II representaron que esta es importante para el crecimiento del cabello y la regeneración de tejidos, para lo cual señalaban la piel o dibujaron una persona con poco cabello.

Otros estudiantes señalaron en un cuerpo humano que la mitosis ocurre en la piel y la meiosis en los órganos sexuales

Para representar las diferencias entre la mitosis y la meiosis varios alumnos optaron por dibujar dos células (mitosis) y cuatro células (meiosis).

En otros carteles del Bloque II para representar la gametogénesis los estudiantes dibujaron el aparato reproductor masculino o el aparato reproductor femenino y desprendían un *zoom* en donde se observa que dentro de este ocurre ya sea la espermatogénesis o la ovogénesis, lo cual resulta importante porque lograron asociar los niveles biológicos en los que ocurre la gametogénesis y la meiosis.

La elaboración de un cartel sobre la meiosis y la gametogénesis favoreció que los alumnos desarrollarán su capacidad de creatividad, pues tal y como lo mencionan Dominguez *et al.*, 201y Rigo, 2014, en la educación de las ciencias los carteles representan procesos complejos de forma simple y llamativa para el receptor.

Si bien, algunos alumnos siguen confundiendo los procesos de división celular (mitosis y meiosis), esto se puede atribuir a que la enseñanza-aprendizaje de los temas involucra comprender y aplicar conceptos científicos previamente aprendidos como el conceptos de célula, ADN y cromosoma; a la vez que, se asimila y comprende la dimensionalidad y la temporalidad en la que ocurren los procesos, pero que para los estudiantes es nueva y resulta compleja.

A estos factores se puede sumar que la explicación de cada fase ocasionó que los estudiantes se desviaran de la información principal, que es la importancia de los procesos de meiosis y gametogénesis. Esto se ha observado en otros estudios como en el de Villada-Salazar (2011) y en el Nuñez-Vargas (2013).

También, se puede sumar que los estudiantes se resisten a cambiar sus conocimientos previos, pues como se dijo anteriormente, resultan difíciles de cambiar debido al arraigo que tienen con estos.

7.1. Conclusiones

- Desde el punto de vista biológico la meiosis y la gametogénesis son dos procesos fundamentales para la reproducción y perpetuación de los organismos con reproducción sexual y, para la producción de la recombinación genética que dará origen a la variabilidad y diversidad biológica.
- La enseñanza-aprendizaje de la meiosis y la gametogénesis enfrenta dificultades debido a la complejidad inherente de los procesos.
- Para disminuir las dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la meiosis y la gametogénesis coincido con Villada-Salazar (2011) quien concluye que se deben utilizar situaciones que son cercanas a los estudiantes. Como fue la situación de la diferencia entre hermanos y los videos que muestran lo que sucede en sus cuerpos durante la producción de óvulos en la mujer y espermatozoides en el hombre.
- El diseño de la estrategia permitió elegir los recursos audiovisuales idóneos para impartir el tema al nivel bachillerato y contar con una secuencia y orden en las actividades para su posterior implementación en el aula.
- La implementación de la estrategia en el aula representó un reto, pero también una oportunidad para modificar las actividades, principalmente, en aquellas actividades que requieren de mayor tiempo y, las que se pueden realizar en menor tiempo.
- La inclusión de los recursos audiovisuales debe ir acompañada de una planificación que permita un manejo de tiempos para desarrollar las actividades. Es necesario incluir en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la biología aquellos recursos audiovisuales que el docente maneje y sea capaz de utilizar y, más que llamativos es fundamental que resulten útiles para facilitar la enseñanza.
- Los recursos audiovisuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje permite al docente tener una variedad de materiales que puede utilizar con fines diferentes, pero a la vez complementarios.

- Es fundamental evaluar y aclarar los conocimientos que poseen los estudiantes en torno a la célula, ciclo celular y mitosis ya que estos permiten comprender conceptos que se utilizan en los temas meiosis y gametogénesis.
- La evaluación de los conocimientos previos que poseen los estudiantes en torno a la meiosis y gametogénesis pueden orientar la forma en que se desarrollarán las actividades.
- La elaboración del póster permite a los estudiantes poner en juego sus conocimientos y habilidades para representar sus conocimientos en una representación visual, por lo cual, no basta memorizar el tema, es necesario comprenderlo.
- La evaluación del póster por parte del docente requiere de criterios que reduzcan la subjetividad al interpretar las imágenes y dibujos que elaboren los estudiantes..

8. Referencias

- Araya, V., Alfaro, M., & Andonegui, M. (2007). *Constructivismo: orígenes y perspectivas*. *Laurus*, 13(24), 76-92.
- Arslan, H. Ö., Geban, Ö., & Sağlam, N. (2015). Learning cycle model to foster conceptual understanding in cell division and reproduction concepts. *Journal of Baltic Science Education*, 14(5), 670-684.
- Birchenall, L. F. B. (2009). Introducción al estudio del cambio conceptual. *Revista Iberoamericana de Psicología*, 2(2), 75-83
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación química*, 15(3), 210-217
- Canedo-Ibarra, S. P., Castelló-Escandell, J., García-Wehrle, P., Gómez-Galindo, A. A., & Morales-Blake, A. R. (2012). Cambio conceptual y construcción de modelos científicos precursores en educación infantil. *Revista mexicana de investigación educativa*, 17(54), 691-727.
- García, M. A. (2014). Uso instruccional del video didáctico. *Revista de investigación*, 38(81), 43-68.
- Goff, E. E., Reindl, K. M., Johnson, C., McClean, P., Offerdahl, E. G., Schroeder, N. L., & White, A. R. (2017). Efficacy of a meiosis learning module developed for the virtual cell animation collection. *CBE—Life Sciences Education*, 16(1).
- Gungor, S. N., & Ozkan, M. (2017). Evaluation of the Concepts and Subjects in Biology Perceived to Be Difficult to Learn and Teach by the Pre-Service Teachers Registered in the Pedagogical Formation Program. *European Journal of Educational Research*, 6(4), 495-508.
- Hernández, M. R., López, I. G., Baño, F. G., Cámara, M. O., & Martín, V. M. (2016). Metodología audiovisual en la enseñanza de Fisiología Vegetal. In *XIV Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria: investigación, innovación y enseñanza universitaria: enfoques pluridisciplinares* (pp. 1627-1638). Instituto de Ciencias de la Educación.

Hernández-Rojas, G. (1997). Módulo Fundamentos del Desarrollo de la Tecnología Educativa (Bases Psicopedagógicas). Coordinador: Frida Díaz Barriga Arceo. México: Editado por ILCE- OEA 1997.

Hernández-Rojas, G. (2008). *Los constructivismos y sus implicaciones para la educación. Perfiles educativos*, 30(122), 38-77.

Hubbs, N. B., Parent, K. N., & Stoltzfus, J. R. (2017). Models in the Biology Classroom: An In-Class Modeling Activity on Meiosis. *The American Biology Teacher*, 79(6), 482-491.

Insausti-Orduna, L. (2015). Recursos y herramientas metodológicas web para el aprendizaje de las Ciencias Naturales.

Kolber, B. J., Konsolaki, M., Verzi, M. P., Wagner, C. R., McCormick, J. R., & Schindler, K. (2014). Sex-specific differences in meiosis: real-world applications. *CourseSource*.

Marrero-Pérez, M. D., Sánchez Rivero, L. O., Santana Machado, A. T., Pérez de León, A., & Rodríguez Gómez, F. E. (2016). Las imágenes digitales como medios de enseñanza en la docencia de las ciencias médicas. *Revista Educación Médica del Centro*, 8(1), 125-142.

Martínez Saldarriaga, I. C. (2012). *Diseño y desarrollo de una hipermedia didáctica para la enseñanza del concepto meiosis y mitosis [recurso electrónico]* (Doctoral dissertation).

Mertens, T. R. (1992). A paper-&pencil strategy for teaching mitosis & meiosis, diagnosing learning problems & predicting examination performance. *The American Biology Teacher*, 54(8), 470-474.

Moxham, B. J., Brichova, H., Emmanouil Nikoloussi, E., & Chirculescu, A. R. (2017). Embryology and teratology in the curricula of healthcare courses. *Eur. j. anat*, 21(1), 77-91.

Núñez-Vargas, D. L. (2013). *Estrategia Metodológica para el Aprendizaje Significativo de los Procesos de División Celular de los estudiantes del Curso de Biología General de la Facultad de Ciencias* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia, Medellín).

Occelli, M. E., Garcia-Romano, L., Valeiras, N., & Willging, P. A. (2017). Animar la división celular (mitosis): una propuesta didáctica con la técnica de slowmation. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 398-409.

Palacios, F. J. P. (1992). Desarrollo cognitivo y modelo constructivista en la Enseñanza-Aprendizaje de las ciencias. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, (13), 173-189.

Palacios, F. J. P., & de Dios Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(3), 369-386.

Perales, F. J. (2008). La imagen en la enseñanza de las ciencias: algunos resultados de investigación en la Universidad de Granada, España. *Formación universitaria*, 1(4), 13-22.

Pérez, J. F., Díaz, J. F., Barrutia, M. D. S. G., Artacho, C. J., & Redondo, B. T. (1994). Conceptos, Actitudes y destrezas en los estudiantes de biología de enseñanza media y universitaria.

Postigo, Y., & López-Manjón, A. (2019). Images in biology: are instructional criteria used in textbook image design?. *International Journal of Science Education*, 41(2), 210-229.

Pozo, J. I. (1996). *No es oro todo lo que reluce ni se construye (igual) todo lo que se aprende: contra el reduccionismo constructivista*. *Anuario de psicología*.

Pozo, J. I. (2006). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. 9ª ed. Editorial Morata, 285 pp.

Ramírez, H. F. B. (2010). Aplicación de base tecnológica como apoyo al proceso de enseñanza–aprendizaje de embriología. *Avances en Sistemas e Informática*, 7(2), 65-74.

Raynaudo, G., & Peralta, O. (2017). Cambio conceptual: una mirada desde las teorías de Piaget y Vygotsky. *Liberabit*, 23(1), 110-122.

Rigo, D. Y. (2014). Aprender y enseñar a través de imágenes: desafío educativo. *ASRI: Arte y sociedad. Revista de investigación*, (6), 6.

Rivero, M. (2009). Teoría genética de Piaget: Constructivismo cognitivo. *Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/16207560.pdf>*.

Rodríguez García, K. A. (2012). *Analogía entre el personalismo de Emmanuel Mounier y el modelo educativo Constructivista: enfoques y perspectivas* (Bachelor's thesis).

Ruiz, S. V., & Navarro Y Torres, M. A. (2014). El papel de la imagen en la enseñanza. Análisis de las ilustraciones del proceso de la meiosis en fuentes de consulta utilizadas por alumnos de Biología del CCH Vallejo. *Nuevos Cuadernos del Colegio*, (3).

Serrano, D. E. (2018). Activación de espermatozoides de mamífero con el ionóforo de calcio A23187. Tesis de maestría.

Serrano, J. M., & Pons-Parra, R. M. (2011). El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista electrónica de investigación educativa*, 13(1), 1-27.

Tapia L., F. J., & Arteaga Q., Y. (2012). Selección y manejo de ilustraciones para la enseñanza de la célula: propuesta didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 0281-294.

Toledo, A. R. (1997). *El constructivismo pedagógico*. *Recuperado de [http://ww2.educarchile.cl/UserFiles P, 1](http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P, 1)*.

Villada, C. P., C., P. (2011). Estrategia de aula para alcanzar aprendizajes significativos y desarrollar habilidades de pensamiento científico en relación con la meiosis. *Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá*, p12-31.

Villa Londoño, F. A.(2015). *La meiosis como fundamento de la variabilidad: una propuesta de enseñanza como asunto socio-científico para los estudiantes del grado octavo de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima de Medellín* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín).

Villegas García, D. F. (2011). Software educativo para el aprendizaje creativo del curso " Embriología comparada". *Revista Electrónica Educare*, 15(2).

1. Anexos

Anexo I

En este primer anexo se presentan las actividades realizadas en la sesión 1.

Carta consentimiento informado

Yo, _____, alumno(a); del curso Biología I, inscrito/a en el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur, en el grupo: _____, en el entendido de que:

- No habrá ninguna sanción para mí en caso de no aceptar la invitación
- No haré ningún gasto, ni recibiré remuneración alguna por la participación en el estudio.
- Se guardará estricta confidencialidad sobre los datos obtenidos, producto de mi participación, con mi nombre y edad que ocultará mi identidad.
- Si en los resultados de mi participación se hiciera evidente algún problema relacionado con mi proceso de enseñanza- aprendizaje, se me brindará orientación al respecto.
- Puedo solicitar en el transcurso del estudio información actualizada sobre el mismo, al Investigador responsable.
- Al finalizar la investigación se hará de mi conocimiento los resultados obtenidos a través del correo electrónico que es:

Acepto de manera voluntaria que se me incluya como sujeto y participante de estudio, en el proyecto de investigación denominado: *“Efecto del uso de un laboratorio virtual en el aprovechamiento de los alumnos del curso de Biología I (Colegio de Ciencias y Humanidades)”*; luego de haber conocido y comprendido en la información sobre dicho proyecto, y los beneficios directos e indirectos de mi participación en el estudio.

Firma y nombre

Actividad 2. Resolución del pre-test

Cuestionario diagnóstico

Nombre:

Instrucciones

Lee atentamente las preguntas y selecciona la opción que consideres correcta.

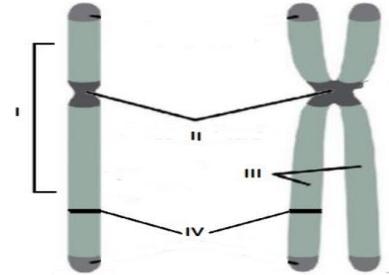
1. ¿Cuál es el nombre de la unidad funcional y fundamental de los sistemas biológicos?
 - a) núcleo
 - b) célula
 - c) gameto
 - d) órganos
2. ¿Cuál es el organelo que resguarda y protege el ADN de la célula?
 - a) núcleo
 - b) mitocondria
 - c) nucléolo
 - d) membrana plasmática
3. Son las fases del ciclo celular:
 - a) G_0 , G_1 , G_2 y S
 - b) interfase y fase S
 - c) interfase (G_0 , G_1 y S) y fase M
 - d) interfase (G_0 , G_1 , S y G_2) y fase M
4. Fase del ciclo celular en la que ocurre la duplicación (síntesis) del ADN:
 - a) fase M
 - b) en la interfase en la fase G_0
 - c) en la interfase en la fase G_1
 - d) en la interfase en la fase S
5. Estructuras presentes en el núcleo celular formadas por cromatina y que contienen a los genes:
 - a) cinetocoros
 - b) nucleosomas
 - c) cromosomas
 - d) centrómeros
6. El huso mitótico está conformado por:
 - a) miosina
 - b) microtúbulos
 - c) membrana nuclear
 - d) membrana plasmática

7. Tipo de células en la que ocurre la mitosis:

- a) sexuales
- b) somáticas
- c) sanguíneas
- d) anucleares

8. Los cromosomas están conformados por:

- a) I-cromátidas hermana, II-cromatina, III-centrómero y IV-gen
- b) I-cromátida, II-centrómero, III-cromátidas hermanas y IV-gen
- c) I-cromatina, II-centrómero, II- gen y IV- cromosoma homólogo
- d) I-cromátida, III-centrómero, II- gen y IV- cromosoma homólogo



9. La mitosis por cada célula da origen a:

- a) células haploides
- b) 4 células diploides
- c) 2 células diploides
- d) 2 células haploides cuatro

10. Orden en el que ocurren las fases de la mitosis:

- a) profase, anafase, telofase, metafase
- b) profase, anafase, metafase, telofase
- c) profase, metafase, anafase, telofase
- d) profase, metafase, telofase, anafase

11. En la **mitosis** el entrecruzamiento ocurren en:

- a) en la profase I
- b) en la profase
- c) en la mitosis II
- d) ninguna de las anteriores

Actividad 3. ¿Por qué se presentan diferencias entre hermanos?

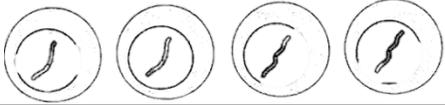
Imágenes utilizadas en la discusión



Anexo II

En este anexo se presentan las actividades realizadas en la sesión 2.

Actividad 5. ¿En que se parecen la mitosis y la meiosis?

División	Mitosis	Meiosis
Definición		
Descripción general		
Tipo de célula		
D I V I S I Ó N 1	Profase	 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 100px;">4 n</div>  <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 100px;">4 n</div>
	Metafase	 
	Anafase	 
	Telofase	 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 100px;">2 n</div>  <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 100px;">2n</div>
Productos		
D I V I S I Ó N 2	Profase II	
	Metafase II	
	Anafase II	
	Telofase II	 <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 100px;">n</div>
Productos		

Instrucciones. Completa la tabla comparativa de mitosis y meiosis.

División celular	Mitosis	Meiosis
Tipo de reproducción		
Tipo de células en donde ocurre		
Ploidía inicial de las células		
Ploidía final de las células		
Entrecruzamiento		
Número de divisiones		
Fases		
Resultado		
¿Ocurre recombinación?		
¿Aporta variabilidad genética?		
¿Permite biodiversidad?		
Importancia		

Actividad 6. ¿Cómo se producen los espermatozoides y los óvulos?

Instrucciones. Con base en la información del video contesta las preguntas

- a. **¿Qué es la espermatogénesis y donde se lleva a cabo?**

- b. **¿A qué edad ocurre la espermatogénesis?**

- c. **¿Cuál es el nombre que reciben las células una vez que ocurre la primera división meiótica?**

- d. **¿Cuál es el nombre que reciben las células una vez que ocurre la segunda división meiótica?**

- e. **¿Cuánto tiempo se necesita para formar espermatozoides?**

- f. **¿Qué es la ovogénesis y donde se lleva a cabo del proceso?**

- g. **¿Cuándo inicia la ovogénesis?**

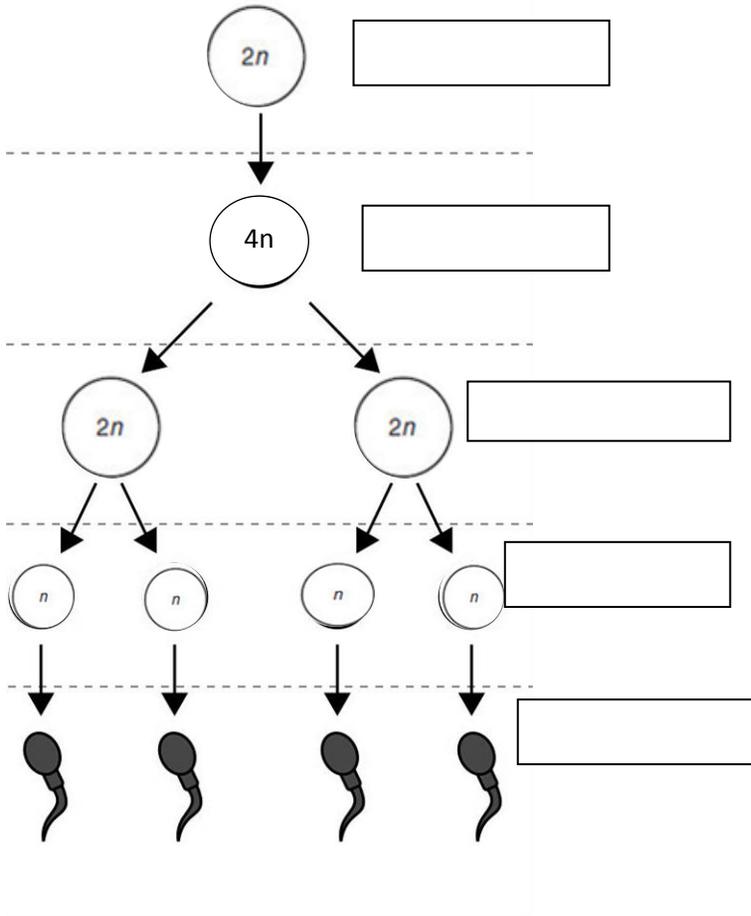
- h. **¿Cuál es el nombre de las células que se producen una vez que las ovogonias entran a la primera división meiótica?**

- i. **¿Cuál es el nombre de las células que se producen una vez que ocurre la segunda división meiótica?**

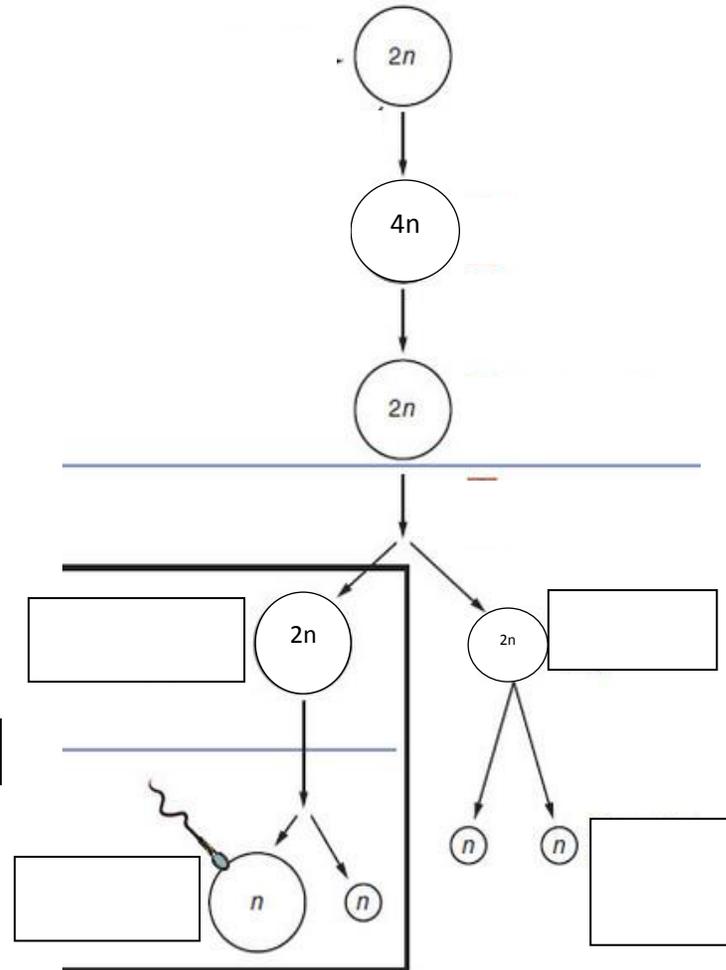
Actividad 7. La participación de la meiosis en la gametogénesis

Instrucciones. Escribe el nombre de cada célula y el momento en donde ocurre la meiosis I y la meiosis II.

Espermatogénesis



Ovogénesis



Actividad 8. Diferencias y similitudes entre ovogénesis y espermatogénesis

Instrucciones. En cada apartado anota las diferencias y similitudes que existen entre la espermatogénesis y la ovogénesis. Por ejemplo, el lugar en donde ocurren los procesos (ovarios o testículos).

Diferencias	
Espermatogénesis	Ovogénesis
Similitudes	

Anexo III

En este anexo se presentan las actividades realizadas en la sesión 3.

Indicadores	Equipo		Equipo		Equipo	
	Si	No	Si	No	Si	No
Título breve y atractivo						
Nombre completo de los integrantes						
Incluye imágenes y texto						
El lenguaje es claro y sencillo						
Las imágenes están distribuidas en el espacio y son claras						
El texto ayuda a comprender las imágenes						
El concepto de meiosis es correcto y está definido con sus propias palabras						
Menciona la importancia de la meiosis y la mitosis						
Las diferencias entre mitosis y meiosis están correctas y son por lo menos tres						
Explica como el proceso de meiosis ocurren en la ovogénesis o espermatogénesis						
Comentarios adicionales						