



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

VALIDACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA BASADA
EN IDEAS PREVIAS PARA LA ENSEÑANZA DE LOS
PROCESOS DE REPRODUCCIÓN A NIVEL BACHILLERATO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A :

NICOLE MONIQUE FUENTES AMEZCUA



DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA EUGENIA TOVAR MARTÍNEZ

2006





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:
"Validación de una estrategia didáctica basada en ideas previas
para la enseñanza de los procesos de reproducción a nivel
bachillerato"

realizado por Fuentes Amezcua Nicole Monique

con número de cuenta 09313305-4 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis Dra. María Eugenia Tovar Martínez

Propietario Dr. Luis Felipe Jiménez García

Propietario M. en C. Juan Francisco Barba Torres

Suplente Biól. José Cupertino Rubio Rubio

Suplente M. en C. María Teresa Gaspar Dillanes

FACULTAD DE CIENCIAS

Consejo Departamental de Biología



M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María Eugenia Tovar Martínez por su valiosa asesoría y su apoyo en todo momento para la realización de esta tesis.

Al Biól. José Cupertino Rubio Rubio, al M. en C. Francisco Barba Torres, al Dr. Luis Felipe Jiménez García y a la M. en C. María Teresa Gaspar Dillanes por sus valiosas observaciones para mejorar esta tesis.

A todos los compañeros y amigos de DRIAMA (Departamento de Recursos Informáticos, Audiovisuales y Multimedios para el Aprendizaje) por compartir con ellos experiencias agradables durante mi estancia ahí y darme el apoyo necesario para la elaboración de esta tesis: Martín Escamilla y familia, Felipe Oropeza y familia, Israel García y familia, Cupertino Rubio y familia, Patricia Martínez. También, agradezco la amistad que me han brindado durante su servicio social mis Amigas Haydeé Martínez y familia, Rosa Lara, Isabel Ibáñez y Claudia Dávila. A Jorge Cortés, Carolina Soriano, Carlos Carrillo y a mi amiga Carmen Martínez.

A todo el personal de la SSAA (Secretaría de Servicios y Apoyo al Aprendizaje), eso incluye a mi amiga Brenda Valencia, Margarita Pacheco, Georgina Gunares, Adriana, Julieta, Lucía, Asunción, Pedro, Mayte, Elizabeth, por su amable atención.

Al personal de la Dirección General de Bibliotecas del CCH: Francisco, Marina, Antonio, Blas, María Elena Chavira, Martha y Eduardo.

A Marcela, Raúl Fuentes, Fabiola, Francisco Marcelino, Lupita, Esther, Sr. José, Sergio y a su esposa Tere, Enrique, Ana, Pedro, Silvia, Benjamín, Paty, Bernabé y los que me faltan por mencionar de esta Dirección, quienes sin conocerme, me han otorgado un gentil saludo.

A todas aquellas valiosas personas que conocí en el Colegio de Ciencias y Humanidades

Al Sr. Julio y a su esposa.

Al personal del laboratorio de Pedagogía Cognitiva y Aprendizaje de la Ciencia que se encuentra en el CCADET (Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico) por su valioso apoyo durante y después de mi servicio social, en especial a: Leticia Gallegos, Eduardo Vega, Fernando Flores, Humberto Albornoz, Ángel López, Manuel Cruz, Silvia Valdez, Silvia Bello, Plinio Sosa, Diana, Clara Zamorano, Paula, Sergio y a Marycruz Valverde.

A los compañeros del grupo de revisión de ideas previas en el área de biología: Brenda Valencia, Leónides Martínez, Margarita Pacheco, Alejandra Medina, Aline Berdichevsky, Thatalí Urueta, Lourdes, Liliana Valladares. A los compañeros de física: Cynthia Lima, José y Ezequiel Guevara.

A mis vecinas y amigas de la infancia Diana Patiño y familia, Yazmin López y familia, Vanesa Caballero y familia.

Al Sr. Daniel, a su hijo Jaime y familia, al Sr. Saturnino y familia, a Paty y familia, a Pilar y familia, a mi amigo Eduardo Aguirre y a todos aquellos que compartieron esos momentos agradables durante mi infancia.

A mis compañeros y amigas de la primaria Gisela y Liliana.

A mis compañeros y amigos de la secundaria, entre ellos, Osvaldo Montes, Anahí Fuentes y familia, Jasmín Herrera y familia, a su amigo Víctor Vázquez, Yadira Ruiz y familia, Eduardo Cisneros y familia, Yara y familia, Erika Ramírez y familia, Monserrat Calderón y familia, Adriana Fragoso y familia, Raymundo González, Héctor Rodríguez, Yescas, Adriana Ramírez, Dora, Claudia, Leticia, Augusto, Adan Espinoza, Elia Hernández, Berenice y familia, Félix, Alejandro Buitrón, Ignacio, Amador, Ana, Mónica Rodríguez, Adriana, América Ibarra, Fabiola Careaga, Francisco Cantera, Armando Gutiérrez, Blanca López, Baruch Peredo, Claudia Soto, Carmen Hernández, Cecilia Grijalva, Cristina Pacheco, Daniel Iniestra, Erika Araiza, Evelyn Ramos, Iris Navarro, Neftalí, Nancy Osnaya, Oscar Barrón, Oscar Rangel, Martha Villagrán, Mireya, pilar y Marina Pelcastre, Miriam Fragoso, Fabiola, Karina Yahuitl, Laura Pescador, Leticia Mendel, Sandra Cuevas, Xóchitl Espinoza, María de Jesús, Jovana.

A mis compañeros y amigos del CCH: Yesenia Azpeitia y familia, a su esposo Saúl Alfaro, Inocencia Torres y familia, Gisela Sánchez, Isabel, Hugo Fabián, Juanito, Alberto, David y familia, Aidé, Noemí Ángeles y familia, Víctor., Javier, Sujey, Eduardo, Tanya, Asalia, Paloma Jiménez y familia, Gabriela y familia, Griselda Martínez, Gabriel Sierra, Swanny Garrido, Marco, César, Moisés.

A mis compañeros y amigos de la Facultad de Ciencias: Gabriela Pérez y familia, Carmina Ramírez y familia, Laura Nogales, Brenda Valencia y familia, Ariel, Jesús, Adrián Espinoza, Susana Alejandré, Ivonne Arciniega, Mario Jaime, Miguel González, Rodrigo Franco, Carmen Martínez, Pablo, Miriel, Carlos Sandoval, Pedro Pantoja, Efraín Aguirre, Edgar Aguilar, Jessica Pérez, Leónides Martínez, Brenda Valencia, Edson Hernández, Lilia Montoya, Yumi, Rosa Curiel, Abel Alquicira, Ángela Hernández, Rodrigo Vidal, Julieta, Lenny Ramírez, Cristina, Paty, Jorge Limón, Gilberto Martínez, Itzel Sansón, Itzel Baca y familia, Violeta, Zeferino Serapio, Mariana Cartagena, Azucena, Aurora Saucedo, José León, Saraí, Leonardo, Octavio, Agustina, Bernardo, Alejandro, Tzutzuy, Marú, Daniela, Judith, Juan Carlos, Juan, César Shorlet (+), Nereida y Ricardo, Silvia Zúñiga, Alejandro Ocegüera, Alejandro Ruiz, Hugo, Carolina Vázquez, Consuelo Villegas, Cinthya Castro, Maribel, Laura Tico y a su primo Manuel, Cuitláhuac, Rosario, Flor, Araceli Lara, Fernando, Claudia, Jorge Ricardo, Alberto, Julio, Claudía Díaz, Daniel Villamil, Adrián Reyes, Alejandra Huitrón, Cristina Guzmán, Claudia Sierra, Claudia Díaz, Claudia Colón, Edwin Piñón, Emmanuelle Alvarado, Katy, Yadira, Noe, Mike, Rosa Sánchez, Rosalía, Juanita, Olga, Sergio Enriquez y a todos aquellos que me faltaron por escribir sus nombres, sin embargo son igual de importantes para mí.

A mis compañeros y amigos del curso del teatro: Armando Daniels, Susana, Isaí Flores, Jesús Vázquez, Mónica, David, Alejandra, Samantha y todos los que me faltan por mencionar que fueron una etapa importante del transcurso de mi vida.

A mis Compañeros Juan Aguirre, Flavio, Karla, Catty, Griselda y amigas Alma Ayala, Maricruz Zurciramy y Monserrat Domínguez que me brindaron su amistad durante el curso de inglés.

A Abigail, Edith, Santiago, Axayácatl Molina, Miguel Ángel, Francisco Basurto, Rocío, Rosario, Felipe, Mirna y los que me faltan mencionar, por compartir conmigo sus experiencias etnobotánicas.

A los compañeros de un curso de poesía y a Pablo Jaques por compartirnos su experiencia poética.

A los compañeros y amigos del Museo *Universum*: Kenia Valderrama, Crystal Pérez, José Luis Tenango, Liliana Ruvalcaba, Fernanda e Israel Lazcarro y a su familia, Rodrigo Vidal, Gonzalo Contreras, Wendy, Mónica Rangel y familia, Israel Cardenas y familia, Paulina Limón, Verónica Tinoco, Azucena, Rosa Curiel y familia, Abigail González, Marco López, Martín Zurita, Roberto López, Faryde Gómez, Carmen, Mariana Garza, David Hernández y a su esposa Lilia, Amparo, Ángeles Valenzuela, Raúl, José Sánchez, Paty Belmont, Ana Martínez, Gabriela Olvera y Juan Manuel, Claudia Guerra, Joel Martínez, Alfredo, Memo, Hortensia, Dolores Arenas, Leticia Chávez, Jorge Trejo, Isabel, Jannette, Verónica Bunge, Analís, Zazil Palma y a todo el personal del Museo. A Martha Saldaña y familia que tuve el gusto de conocerla en este espacio de divulgación científica.

A los compañeros y amigos de PROANIC y de “La ciencia en las escuelas”: Guillermina De Francisco, Crystal Pérez, Rodrigo Vidal, Maribel, Carolina Vázquez y Antonio Godínez, Perla Acevedo, Daniel Rojas, Lourdes Artxundia, Claudia Guerra, Fabián Carvallo, Rocío Guzmán, Nancy, Clara Ochoa, Carlos Díaz, , Tanya, Maritza Pescador, a su amigo Alejandro Carreón, Margarita Ibarra, Bárbara, Cecilia Hernández, Romeo Molina, Alberto Ruiz y Ariadna Marín, a su bebe Nixarindani Beatriz Moya, Nalleli Montalvo, Alejandro, María Elena Ferreira, Alma Vázquez, Rosa Eugenia Zárate, Jessica Álvarez, Remedios Álvarez, Francisco Torres.

Al personal de la biblioteca “Parque San Simón” y a los niños que compartieron conmigo su amistad.

Al grupo de compañeros y amigos del curso-taller “El manejo de la voz y el habla en el aula”: Juana Arroyo, David Rodríguez y familia, Rocío López y familia, Ana Lilia Garrido, Silvia Elena Arriaga.

A las personas que me brindaron su amistad durante los cursos del CETE (Centro de Entrenamiento de Televisión Educativa): Alejandra Silva, Fernando Gallo, Margarita Hernández, Salomón Ramírez, Héctor Marrero, Lourdes Prado, Javier Pérez, Lorena Corona, Carlos Núñez, Marco Antonio Caballero, Miguel Díaz, María Elena Arias, Felipe Oropeza, Claudia Díaz, Erika Oviedo, Alejandro Hernández, Luis Aguirre, Julio Guijarro, Miguel Trejo, Gualter, Arturo, Isaías y a sus hermanos.

A los profesores que me dejaron una enseñanza durante el trayecto de mi vida: Adoración, Cuca, Dolores, Concepción, Susana Pacheco, Ariel, Clara, Carlos Ávila, Jorge Guerrero, José Luis, Antelmo Sánchez, Rocío Sánchez, Jorge, Alfonso Vitis, Víctor Valdéz, Aurora, Margarita, Carlos, Alfredo, Dora Silvia., Rita, Tanya, Rocío, María Esther, Azucena, Tony, Elia, Ivonne Reyes, Ricardo García, Jorge Abraham Olvera, Elva Morales, Josefina, Jorge Estrada, Arturo Santamaría, Jaime, entre otros profesores cuyos nombres no recuerdo, sin embargo dejaron huella en mi para continuar aprendiendo.

Un agradecimiento hasta el infinito y más allá a mis dos familias (mexicana y chilena), en especial por su preocupación y Amor a: mis padres María Berenice Amezcua Ruiz y Manuel Osvaldo Fuentes Riveros. A mis abuelitas: Ma. Jesús Ruiz Andrade y María Riveros Cabello (+). A mis padrinos Javier Vega y Silvina Amezcua Ruiz. A mis tíos: Yadira Amezcua Ruiz y, María de Jesús Amezcua Ruiz y Sergio Albarrán, a su familia, María Fuentes Riveros y Raúl Pizarro (+), Aurora Fuentes Riveros y familia, Teresa Fuentes Riveros y familia, Alfredo Amezcua Ruiz y Enriqueta Velásquez, a su familia, Antonio Amezcua Ruiz, a los gemelos Fernando y Jorge Fuentes Riveros, a tía Ivonne, a Luis Leonardo Fuentes Riveros y Roma. A Yanira Fuentes y a su familia. A mis primos: Edgar Hartwitz Amezcua, a su esposa Ana y familia, Julio Hartwitz Amezcua, Ariday Ortiz Amezcua y familia paterna, Fabiola Amezcua Velásquez y Onsward Amezcua Velásquez, Gabriela Vega Amezcua, Alfonso Vega Amezcua, a su esposa Pilar, Ricardo Vega Amezcua, Sergio Albarrán Amezcua y Juan Carlos Albarrán Amezcua, Claudia Canela Amezcua, Sandra Canela Amezcua, Marco Canela Amezcua y Berenice Canela Amezcua, a su esposo Manuel, a Angie Pizarro Fuentes, Marcelo Pizarro Fuentes y Paula Pizarro Fuentes, a su esposo Manuel, Carol Fuentes y familia, Carola, Viviana y Alejandro, Cecilia Fuentes, Viki Fuentes, Claudia y Andrea Fuentes, Natalia, Mary.

A mis sobrinos: el precioso Edgar Alexis, Cristian Vega y Claudia Vega, Florencia y Carla, Zaira y Tanya, Iliana Vega, Tanya Vega y Osvaldo Vega, Vicente, a la hermosa María José, la bella Isidora Pizarro, la preciosa Catalina, la linda Belén, Sebastián, a los sobrinos gemelos de mi prima Cecilia, Nicole, y a los que me faltan por mencionar que son igual de importantes en el trayecto de mi vida y a quienes fue un placer conocerlos.

También agradezco a mis Amigos Edgar Ramos Aguilar y familia, Mario Jaime Rivera y familia, así como a Juan Pablo Jaime Rivera y Aldara Jaime Rivera, a Iran Nereida, a la bella Naahmzuré, a Jorge Ortiz y a su esposa Martha, como a sus pequeños Jorge y Aodren.

A Tania Aguilar, Leonardo Fernández, Elías Marín, Collin Confait, Itzia Baca, Juan Arraigada y familia, Juanita Guiberra, Karin Bohn, Teresita y Luis, a su familia, Momo, Janeth, Raquel, Charlot, Guillermo Nava (+) y a su hija Selene, Rafita, Ruben FuenteVilla y familia, Alfredo, María Elena Manzo y familia, Rodolfo Manzo y a su esposa, Imelda Manzo y familia, Lupita y familia, Raquel Gómez, , Zoila Días, Martín, Santa, Carlos, Elena y a todos aquellos seres humanos que me brindaron una agradable y bella sonrisa.

¡Tlazohcamati! (¡Gracias!)

Reproducción celular, un estelar.

*Eres el proceso de toda célula viva,
procarionte o eucarionte.*

*Eres fundamental para dejar descendencia fértil,
en invertebrados y vertebrados,
plantas con flores y sin flores;
algas, helechos,
entre otros organismos;
siendo todos ellos,
multicelulares eucariontes.*

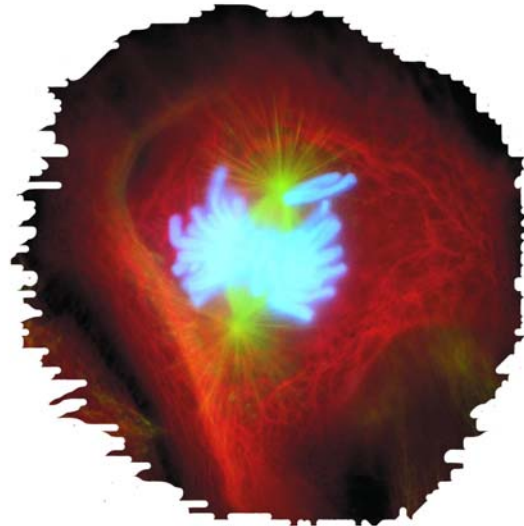
*Eres el medio para transmitir,
características genéticas,
sin importar la discriminación,
en el nivel de organización.*

*La obra celular
da lugar,
a un preámbulo,
anunciando la replicación
del ADN,
cuyo material genético
es específico.*

*Reproducción celular
que resultas estelar,
pues estás en dos procesos,
con semejanzas y diferencias;
con placer
digo sus nombres:
mitosis y meiosis,
ambos espectáculos
ocupando cada uno,
distintos escenarios.*

*La mitosis sucede en un acto,
en las células somáticas,
y la trama esta plasmada
en eventos
cromosómicos y citoplasmáticos;
y mi honor es presentarles,
a los protagonistas:
cromosomas,
huso acromático,
entre otras estructuras,
que acompañan
a la vida de una célula,
por supuesto, eucarionte.*

*El desenlace del espectáculo
resulta duplicado,
pues son dos células somáticas
con la misma información genética
a la célula madre.*



Derechos reservados a www.mblab.gla.ac.uk/~john/

*La meiosis sucede en dos actos,
con un intermedio replicativo
de material genético;
cuya escenografía
son las células gaméticas.*

*Al igual que la mitosis,
hay eventos
cromosómicos y citoplasmáticos;
una diferencia microscópica,
se hace evidente en el primer acto,
el clímax es sorprendente:
el entrecruzamiento
de los cromosomas,
resultando al final
cuatro células,
con la mitad de información genética,
de la célula original.*

*Y con esto continúo:
“la variabilidad genética
no aceptó
ninguna imitación.”*



Derechos reservados a www.connexin.net

*“Es la vida la que da a la vida, mientras que vosotros,
que os consideráis donantes, no sois mas que testigos.”*

Gibrán Jalil Gibrán

A MIS PADRES
A MIS ABUELOS
A MI FAMILIA MEXICANA
A MI FAMILIA CHILENA
A MIS AMIGOS
A MIS COMPAÑEROS
A LOS NIÑOS
A LA NATURALEZA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	i	
CAPÍTULO 1		
1.1 Importancia de las ideas previas en la Enseñanza de las Ciencias	1	
1.2 Algunos planteamientos teóricos sobre el cambio conceptual	6	
CAPÍTULO 2		
2.1 Investigaciones realizadas hasta el momento sobre el tema de reproducción	22	
2.2 Ideas previas de los estudiantes y análisis de la estrategia en relación a los problemas conceptuales en el tema de reproducción	34	
CAPÍTULO 3		
3.1 Metodología	61	
3.1.1 Diseño de pruebas	61	
CAPÍTULO 4		
4.1 Resultados de las pruebas (pre-prueba, post-prueba 1 y post-prueba 2) y análisis estadísticos	63	
CONCLUSIONES		104
Propuesta de modificaciones a la estrategia de enseñanza	106	
BIBLIOGRAFÍA	111	
ANEXO 1		

RESUMEN

El estudio de las ideas previas ha tomado últimamente importancia dentro de la enseñanza en ciencias porque son una herramienta efectiva para detectar los problemas conceptuales en los alumnos, en este caso a nivel bachillerato. Las ideas previas encontradas sobre los procesos de reproducción fueron la base para la elaboración de una estrategia de enseñanza cuyo propósito fue promover el cambio conceptual en estudiantes de bachillerato (CCH).

Al inicio de este trabajo de tesis se dan a conocer las ideas previas sobre reproducción encontradas en la literatura que trata la enseñanza en ciencias y en la Página de Internet de Ideas Previas (<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/>). La estrategia de enseñanza incluye actividades que abordan alguna teoría para resolver problemas conceptuales relacionados con la reproducción. Dicha estrategia fue aplicada a 52 alumnos correspondientes al grupo experimental, el grupo control estuvo conformado por 47 alumnos. Ambos grupos de estudiantes se encontraban en el 5º semestre del Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel-Sur. Para detectar las ideas previas e identificar el cambio conceptual se aplicó a los dos grupos, el instrumento en 3 momentos diferentes (una preprueba, post-prueba 1 y post-prueba 2) las cuales consistieron de un cuestionario sobre la reproducción en los seres vivos. Para la validación de la estrategia didáctica se empleó el Programa Estadístico SPSS, se realizó utilizando la prueba de t-Student para 2 muestras independientes (control y experimental), encontrando diferencias significativas ($p < 0.05$) en las calificaciones obtenidas por los alumnos de los grupos control y experimental en ambas post-pruebas.

Con respecto a la comparación de concepciones previas de la post-prueba 2 obtenidas de las respuestas abiertas de una muestra seleccionada al azar de 10 alumnos del grupo control y 10 estudiantes del grupo experimental, se observó que aún los alumnos continúan con problemas conceptuales, sobre todo relacionados con: las estructuras que participan en la reproducción sexual de las plantas con flores, la importancia de la variabilidad genética en la reproducción sexual de los seres vivos, la participación de la mitosis en el desarrollo embrionario, falta de comprensión de los eventos cromosómicos y citoplasmáticos para la transmisión de la información genética, memorización de las fases de la mitosis y meiosis, confusión de la mitosis con otros procesos de reproducción asexual tales como la bipartición, gemación y esporulación, y no hay relación entre los conceptos núcleo-cromosoma-ADN-material genético.

Debido a lo anterior, se sugieren algunos cambios a la estrategia didáctica con el fin de resolver los problemas conceptuales que se detectaron y conseguir en los alumnos una transformación conceptual sobre los procesos de reproducción.

INTRODUCCIÓN

Dentro de la Enseñanza en Ciencias se han desarrollado distintas líneas de investigación. Las cuales pretenden dar solución a una variedad de cuestiones que se enfocan hacia el aprendizaje de los estudiantes. Como ejemplo se han realizado estudios relacionados con concepciones de los alumnos, estrategias de enseñanza, habilidades científicas, formación de docentes, currículo en ciencias así como, el papel de la Historia y la Filosofía de la Ciencia en la Enseñanza (Gallegos, 2002).

Las concepciones o *ideas previas* de los estudiantes son construcciones personales elaboradas por cada individuo para interpretar y tratar de explicar los sucesos naturales que se presentan en el mundo, además de que no han sido transformadas por algún proceso educativo (Flores, 2000). Hasta el momento, las ideas previas son consideradas como uno de los problemas que limitan el aprendizaje de los conceptos científicos. Por tal motivo, resulta importante ofrecer soluciones para mejorar la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Flores y col., 2000). A pesar de que las investigaciones en biología son menos que en las otras ciencias experimentales tales como física y química, se ha mostrado una tendencia a describir las ideas previas que guardan los estudiantes y a detectar los problemas de aprendizaje de manera temática; sobre todo a la identificación de conceptos que son más complejos en esta área científica. Por lo tanto, los estudios han aportado grandes beneficios para mejorar la Enseñanza en Ciencias (Flores y col., 2000).

Una de las cuestiones que radican en las concepciones de los alumnos sobre un tema de Biología es: *¿Cómo se pueden modificar las ideas previas de los estudiantes sobre los procesos de reproducción?* Y una respuesta inmediata a esta pregunta es por medio de la elaboración de una *estrategia de enseñanza* basada en las ideas previas sobre dicho tema. Sin embargo, es conveniente que la estrategia sea validada para comprobar su eficacia en cuanto a si promueve o no el *cambio conceptual* en los alumnos acerca de los procesos de reproducción. Por tal razón, una vez validada la estrategia es necesario hacer las modificaciones pertinentes a la misma para tratar los problemas conceptuales sobre la reproducción.

Uno de los temas que presentan frecuentemente ideas previas es la reproducción; por ello, en esta tesis se presentará la validación de una estrategia didáctica diseñada por la Tovar (1998) basada en la Teoría de Cambio Conceptual de Strike y Posner (1985). Esta propuesta consiste en sugerir un modelo general para el *aprendizaje significativo* derivado en su mayor parte de la Filosofía de las Ciencias. Los autores indican las estrategias generales que pueden emplearse para tratar los problemas conceptuales y especifican los criterios que se ofrecen como una posible solución. Dicho modelo de cambio conceptual es de utilidad para fomentar la actividad racional que lleva a la comprensión y aceptación de ideas claras y creíbles (Martínez y José, 1999). Por lo visto, un planteamiento básico es entender el proceso de cambio de las ideas previas de los estudiantes cuando se encuentran en conflicto con los conceptos nuevos, los cuales muestran evidencias al realizar las actividades propuestas en una estrategia didáctica. Y esto se muestra en esta tesis.

Por lo que se refiere al contenido, es preciso mencionar que el *Capítulo I* se divide en dos partes. La primera de ellas hace referencia a las características y causas de las ideas previas así como, su importancia en la construcción activa del conocimiento, denominada con el término *constructivismo*. De esta línea de investigación sobre el aprendizaje se mencionan: el *constructivismo radical* en donde la construcción de la realidad es individual y el *constructivismo social* cuando un individuo comunica lo que piensa y él confronta sus ideas con las de otros individuos construyéndose el conocimiento en grupo.

En la segunda parte de este capítulo, se muestran algunas de las teorías propuestas para el cambio conceptual. Para ello, se tomo como referencia la categorización realizada por Flores (2004): las teorías que tienen una aproximación epistemológica centrada en el reemplazo de unidades conceptuales totalmente definidas o en los sistemas complejos que varían; las teorías que presentan una aproximación cognitiva centrada en el reemplazo de unidades conceptuales totalmente definidas o en los sistemas complejos que varían. Mientras tanto, las otras teorías están centradas en la motivación, en el contexto o en las representaciones múltiples. Como se menciona en un principio la estrategia didáctica diseñada por Tovar (1998) está fundamentada en la Teoría del Cambio Conceptual de Strike y Posner (1985), la cual tiene una aproximación epistemológica porque intenta explicar la naturaleza del conocimiento; además esta teoría se encuentra centrada en el reemplazo de unidades conceptuales totalmente definidas, es decir, en la reestructuración de los conceptos nuevos con las ideas previas.

El *Capítulo 2* también se divide en dos apartados. En el primero se revisan principalmente los estudios de aprendizaje sobre reproducción en estudiantes de nivel bachillerato aunque fue necesario revisar investigaciones a nivel primaria y secundaria para obtener información sobre un tema particular de la reproducción. Dichos trabajos tratan los siguientes conceptos: reproducción humana, tipos de reproducción asexual y sexual, reproducción sexual en plantas con flores, fecundación, desarrollo embrionario, mitosis, meiosis y duplicación del material genético antes de la mitosis o de la primera etapa de la meiosis. En el segundo apartado se muestran las ideas previas acerca de la reproducción reportadas en la literatura sobre Enseñanza en Ciencias y las organizadas en la Página Web de Ideas Previas (Flores y col., 2004), así como las que se encuentran en la estrategia de enseñanza diseñada por Tovar (1998). Las ideas se ordenaron de acuerdo a los cinco niveles de análisis conceptual propuestos en la estrategia: concepciones que contribuyen en el cambio conceptual y las concepciones que obstaculizan el cambio conceptual. Lo anterior dio lugar a la identificación de los problemas conceptuales y a las actividades que propone la estrategia didáctica para abordar los mismos.

Por su parte, en el *Capítulo 3* se presenta la metodología y dentro de ésta se encuentra el diseño de las pruebas por Tovar (1998), las cuales se aplicaron antes, durante y después de la estrategia, siendo de utilidad para la captura de información y posterior análisis estadístico.

En el *Capítulo 4* se muestra el tratamiento de los resultados los cuales se analizaron en dos secciones. La primera está relacionada con las calificaciones promedio de las respuestas cerradas de ambos grupos tanto del control como del experimental (aplicación de la estrategia); posteriormente, se efectuó la prueba de hipótesis de las calificaciones de ambos grupos para validar la estrategia didáctica. La segunda sección, corresponde a la categorización de las concepciones obtenidas de las respuestas abiertas de dos muestras: una de 10 alumnos seleccionados al azar del grupo control y otra de 10 estudiantes del grupo experimental, en quienes se encontraron cambios conceptuales debido a la estrategia de enseñanza. Sin embargo, todavía persisten dificultades conceptuales las cuales se expondrán a lo largo de este capítulo.

Finalmente, se discute, concluye y se sugieren algunas modificaciones a la estrategia didáctica diseñada por Tovar (1998) con respecto a los problemas conceptuales que se detectaron.

1. Justificación

En México, desde las últimas tres décadas son pocas las investigaciones realizadas en el área de educación científica dentro del campo de la biología (Álvarez –Cal, 1990; Zamora y Guerra, 1993; Gallegos y col. 1997; Flores y col. 2000; Valladares, 2002; Medina, 2003; Pacheco, 2004; Valencia, 2004). Por lo tanto, se muestra la necesidad de efectuar más estudios que ayuden a comprender la problemática del proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia en todos los niveles escolares del país, además de brindar elementos que contribuyan en la toma de decisiones futuras para reformar la educación en el conocimiento científico. La reproducción de los seres vivos es uno de los temas de ideas previas que es preciso tomar en consideración ya que es el menos investigado en biología (Flores y col., 2000).

Lo anterior, da razón para considerar a esta tesis como una contribución en el campo de la biología referente a la Enseñanza en Ciencias en México; a través de presentar la estrategia didáctica diseñada por Tovar (1998) basada en las ideas previas acerca de la reproducción que resultaron de la investigación realizada por Flores y col. (2000) y en la Propuesta de Cambio Conceptual de Strike y Posner (1985). La correspondiente estrategia se aplicó a los estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel-Sur. Con los resultados de las tres pruebas, se procedió a su validación para visualizar si efectivamente se presentó un cambio conceptual. Además, la estrategia puede ser un apoyo para los docentes en la solución de los problemas conceptuales y mejorar el aprendizaje de los procesos de reproducción en los estudiantes de bachillerato. Es conveniente modificar la estrategia didáctica según los resultados obtenidos.

2. Objetivos

OBJETIVO GENERAL

1. Validar una estrategia didáctica basada en las ideas previas sobre el tema de reproducción para promover el cambio conceptual en estudiantes de bachillerato.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar los problemas conceptuales que se presentan en los estudiantes de bachillerato antes y después de aplicar la estrategia sobre el tema de reproducción.
- Lograr a través de una estrategia didáctica que los estudiantes comprendan los procesos de reproducción como expresiones de la continuidad de los seres vivos.
- Lograr a través de una estrategia de enseñanza que los estudiantes comprendan y diferencien los procesos de la reproducción celular mitosis y meiosis, así como identifiquen la importancia de los eventos intracelulares que en cada uno de ellos se realiza.
- Elaborar modificaciones a la estrategia después de ser validada.

CAPÍTULO 1

1.1 Importancia de las ideas previas en la Enseñanza de las Ciencias

Desde hace más de tres décadas, los problemas conceptuales que obstaculizan el aprendizaje de la ciencia a diferentes niveles educativos, han tenido importancia para la investigación en enseñanza en ciencias. Las ideas previas han sido un punto de partida para diseñar estrategias que ayuden a resolver esos problemas, así como para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de diversos temas científicos (Bello, 2004). Entre esos temas, se encuentra el relacionado con los procesos de reproducción de los seres vivos.

Flores y col. (2000) han adoptado el término de idea previa por ser ésta una construcción personal que interpreta y explica los fenómenos que ocurren en el mundo. Los mismos autores aclaran que esas construcciones no necesariamente: son erróneas (“misconceptions”, en inglés), o son dadas por el establecimiento de un modelo estructurado que representa la realidad (esquemas alternativos), o son una construcción en proceso (preconcepción), términos que se emplean para designar a las representaciones de los alumnos (Yip, 1998a; Flores y col., 2000; Flores y col., 2002).

Por lo general, éstas ideas se encuentran estructuradas en un enunciado, además se forman a temprana edad (Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004) y son previas a la instrucción porque no han sido modificadas por alguna estrategia didáctica que haya promovido el cambio conceptual (Yip, 1998a, Flores y col., 2000).

Probablemente la investigación sobre las ideas previas se remonta a Inhelder y Piaget (1972) citados en Flores y col. (2002), por ser los primeros que contribuyen en el campo de la Física al tomar en cuenta las representaciones elaboradas por los sujetos frente

a un determinado fenómeno de la naturaleza. Posteriormente se indagaron las ideas en el área de Química y Biología (Flores y col., 2002).

Otros autores (Garrison y Bentley, 1990), comentan que muchos de los profesores de ciencias tienen dificultades para que la mayoría de los estudiantes aprendan, esto se debe a las ideas previas y el conflicto conceptual; además de que los conceptos abstractos tratados en la ciencia ocasionan un conflicto con los conceptos comprobados a partir de la experiencia diaria.

Por lo anterior, diversos autores han señalado algunas de las causas que originan la formación de ideas previas dentro de las que se encuentran:

La interpretación inmediata que dan los sujetos para explicar un fenómeno natural con el cual ellos interactúan cotidianamente (Flores y col., 2002).

Por otro lado, el individuo se limita a explicar o predecir los fenómenos que son visibles (Flores, 2000; Flores y col., 2002; Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004). Aquí, es importante considerar dos aspectos: el sujeto piensa que algunos fenómenos naturales son semejantes al fenómeno que él observa, esto ocasiona que el individuo extrapole sus representaciones a otros eventos totalmente diferentes (Flores y col., 2002). Por otra parte, el sujeto no reconoce posiblemente la semejanza de un hecho natural con otros y esto conlleva a que el individuo interprete y construya ideas previas distintas para explicar cada fenómeno como uno totalmente diferente (Hashweh, 1986; Pozo y col., 1991; Flores y col., 2000; Flores y col., 2002).

Otra causa posible es el lenguaje utilizado por el profesor el cual puede ser inapropiado, o que dificulta en el alumno el eficiente aprendizaje de los conceptos científicos.

Por lo regular, el maestro no tiene conocimiento de lo que sabe el alumno y aunque así sea, emplea una terminología compleja para exponer temas de ciencia en vez de un lenguaje sencillo para explicar mejor los conceptos científicos (Yip, 1998a).

Por lo general, el profesor enseña el conocimiento científico con el propósito de que el alumno obtenga una calificación más que aplicar dicho conocimiento en un contexto académico o cotidiano. Por lo tanto, esto no contribuye a incrementar la motivación del estudiante por aprender ciencia (Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004).

Los alumnos aceptan con frecuencia las ideas previas que expone el profesor porque él ejerce autoridad sobre ellos o en su caso, esas ideas son tomadas por los estudiantes de los libros de texto científico (Wandersee y col., 1994). Además, lo anterior puede ser por dos razones: 1) alguna de la información de esa clase de textos no ha sido actualizada o

respaldada por especialistas en el área; 2) los términos utilizados son imprecisos y como consecuencia conducen a distintas interpretaciones (Yip, 1998a).

El profesor debe contemplar el cambio conceptual como propósito educativo, considerando las indicaciones didácticas que pudieran propiciarlo (Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004).

En resumen, los orígenes de las ideas previas se ubican en la experiencia diaria que tiene el sujeto con los fenómenos naturales. Además, él interpreta individual o colectivamente dichos eventos dentro del salón de clases o el laboratorio (Flores y col., 2000).

Por otro lado, las ideas previas presentan características que las identifican: son elaboradas por anticipado en el pensamiento del estudiante tratando de explicar algún fenómeno o concepto científico revisado durante la clase (Yip, 1998a; Flores y col. 2002).

Por lo general, los individuos elaboran sus ideas previas sin estar conscientes de ellas, y frecuentemente son descritas mediante un razonamiento causal lineal o directo (Gallegos, 1998; Flores y col., 2000; Flores y col., 2002; Gallegos y Garrita-Ruiz, 2004; Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004). De esta forma si hay un cambio en el efecto también se dará un cambio en la causa (Flores y col., 2000; Flores y col., 2002).

Las ideas existentes resultan contradictorias en el estudiante sin que él lo perciba porque con la misma idea previa trata de explicar un fenómeno que ocurre en la naturaleza desde distintos contextos (Kuhn, 1970; Pérez, 1999; Flores y col., 2000; Flores y col., 2002).

Dichas ideas llegan a permanecer en la etapa adulta aunque los estudiantes reciban una instrucción (Strike y Posner, 1985; Pozo y col. 1991; Staver, 1998; Bello, 2004). Debido a que las ideas previas son un obstáculo difícil de vencer para conseguir el aprendizaje significativo de los conceptos científicos. Los resultados de la enseñanza de esos conceptos pueden demostrar que los alumnos los “aprenden” de manera diferente de como el docente los pretende enseñar. Esto, tal vez, conlleve a prestar más atención a los aspectos de los experimentos que preferentemente apoyen los puntos de vista personales más que los científicos (Campanario, 2002b).

En un estudio realizado por Pozo y Carretero (1989) demostraron que la complejidad de las relaciones causales avanza con la edad; sin embargo, los adultos después de la instrucción siguen buscando relaciones causales simples cuando se encuentran con fenómenos que al parecer son fáciles de explicar.

Otra característica de las ideas previas es su semejanza o universalidad en estudiantes de diferente edad, género, cultura y país (Pozo y col., 1991; Velasco, 1991; Wandersee y col., 1994; Gallegos, 1998; Flores y col., 2000; Campanario y Otero, 2000; Valladares, 2002; Medina, 2003; Flores y col., 2002).

La misma universalidad de las ideas previas llega a trascender en el tiempo, resultando las ideas de los estudiantes similares a las que se han reportado en la historia de la ciencia (Pozo y col., 1991; Wandersee y col., 1994; Flores y col., 2000; Valladares, 2002; Medina, 2003; Flores, y col., 2002). Sin embargo, las concepciones históricas fueron aceptadas en su época como “correctas” y con el transcurso del tiempo han llegado a cuestionarse.

Por tal razón, se sugiere el diseño de alguna propuesta que tome en cuenta los problemas históricos y sus posibles soluciones para disminuir esa supuesta imposición que afecta en gran parte los contenidos escolares (Campanario, 1997).

Durante el desarrollo de la ciencia se suele presentar resistencia al cambio como en los descubrimientos científicos. El papel de dicha resistencia es garantizar que los científicos no se distraigan tan fácilmente y que se encuentren atentos a la aparición de las anomalías que conduzcan al cambio conceptual y así, profundizar en el estudio de los conceptos existentes (Kuhn, 1970).

Por otra parte, Campanario (1997) comenta que la resistencia al cambio conceptual puede conducir al autoengaño y cuando éste se produce, los individuos se resisten a la transformación de sus ideas previas o en su caso, a la adopción de una determinada hipótesis; a pesar de que todos los datos disponibles avalan la hipótesis en cuestión y apuntan hacia la dirección del cambio conceptual.

Ese posible paralelismo entre la resistencia al cambio conceptual en los alumnos y la registrada durante la historia de la ciencia debe estudiarse con mayor detalle. También, hay que profundizar en el conocimiento de los procesos que llevan a esa oposición dentro de la ciencia, para lograr la relación de ciertos aspectos científicos como son los macroscópicos y globales con los aspectos microscópicos y personales de cada individuo (Campanario, 1997).

Por lo regular, el profesor y el alumno comparten las mismas ideas previas (Flores y col., 2002), lo cual limita el desarrollo de un aprendizaje significativo en el estudiante debido a que el maestro utiliza las ideas que no son aceptadas científicamente.

El conocimiento de las ideas previas lleva hacia el constructivismo, el cual, se refiere a la construcción progresiva y activa del conocimiento por parte del sujeto cuando él interactúa con un fenómeno natural (Gómez-Granell y Coll, 1994). O tal vez, como resultado de la interacción sujeto-objeto (Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004).

Lo anterior, implica que el individuo interprete y vuelva a interpretar lo que ocurre en un determinado evento, elaborando modelos explicativos cada vez más complejos. Aunque dichos modelos serán susceptibles de ser cambiados o mejorados según lo ameriten (Gómez-Granell y Coll, 1994).

El constructivismo tiene dos orígenes, uno es la epistemología de la ciencia y otro es el desarrollo psicológico o cognitivo; en donde, el sujeto toma el papel primordial porque él construye sus ideas e interpretaciones de algún hecho natural con ayuda de la experiencia, de modelos conceptuales y de las estructuras del conocimiento (Flores, 2000).

Dentro del constructivismo se pueden distinguir varias corrientes como son: el constructivismo radical y el social (Staver, 1998).

El **constructivismo radical**, el cual tiene como idea central que los estudiantes construyan activamente estructuras cognitivas más complejas usando estructuras simples del pensamiento de la persona y no pasivamente sólo a través de los sentidos o por otra forma de comunicación (Von Glasersfeld, 1995 citado en Staver, 1998).

El **constructivismo social** se basa en las interacciones sociales existentes entre los sujetos que son esenciales para la construcción del conocimiento en cada individuo y en la comunidad (Von Glasersfeld, 1995 citado en Staver, 1998).

Resumiendo, el principio básico del constructivismo son los conocimientos previos como punto de partida para construir un nuevo conocimiento. Esto trae consigo una extensa información acerca de las ideas previas que tienen los alumnos sobre distintos contenidos escolares y el dominio de conocimiento que ellos presentan de los mismos (Gómez-Granell y Coll, 1994).

Por lo visto, la importancia de las ideas previas radica en tomarlas en cuenta antes de iniciar la instrucción sobre algún tema de ciencia. Si esto no es considerado, el alumno continuará con las mismas ideas y tendrá dificultad para comprender conceptos de mayor complejidad a medida que avance su edad, y por tanto, seguirá con el uso de un razonamiento causal directo en vez del analítico.

Todo lo expuesto con anterioridad tiene como punto central el cambio conceptual, el cual es una opción para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje.

A modo de resumen y como parte introductoria para abordar posteriormente las diversas teorías sobre el cambio conceptual, es preciso decir que existen algunos factores que pueden dificultar la transformación conceptual en el estudiante y son los siguientes: el nivel de comprensión de los conceptos científicos (Okeke y Word-Robinson, 1980); una estrecha relación entre el fenómeno observado y la situación contextual, es decir, si cambia el contexto en el cual ocurre el evento observado, entonces cambiará la interpretación proporcionada por los alumnos (Gallegos, 1998; Flores y col., 2002); la resistencia de los estudiantes a modificar sus ideas previas por los conceptos científicos; la esperanza del profesor para que las ideas de los alumnos cambien rápidamente y que él piense que sólo son reveladas en las explicaciones aportadas por los estudiantes; así como la falta de un proceso de construcción conceptual por parte de los alumnos, esperando que el maestro les proporcione las respuestas correctas sin antes reflexionar sobre sus propias ideas (Flores y col., 2000).

Es así como las investigaciones en ideas previas y el cambio conceptual son un paso hacia nuevas y más extensas aportaciones en la solución de ciertos problemas en el aprendizaje de las ciencias.

1.2 Algunos planteamientos teóricos sobre el cambio conceptual

Hay diversos autores que apoyan la visión constructivista (Pozo y col., 1991; Gallegos, 1998; Duit, 1999). Mencionan que el aprendizaje es un proceso de cambio conceptual. Pozo y col. (1991) definen a este cambio como “la transformación de las ideas previas en los conceptos científicos”. Los mismos autores sugieren emplear la epistemología como un modelo para el análisis de los cambios conceptuales presentes durante la historia de la ciencia.

Por otro lado, Jiménez (1991) sugiere tomar en cuenta las estrategias de intercambio para que se efectúe el aprendizaje a partir de la misma perspectiva constructivista y si éste no se da porque la idea previa coexiste con la nueva, entonces, resultará un proceso de memorización repetitiva más que de aprendizaje.

Por su parte, Gallegos (1998) aclara que el constructivismo implica comprender e implementar un proceso de cambio en las concepciones de los estudiantes.

De acuerdo con Flores (2000) el constructivismo, las ideas previas y los problemas conceptuales han dado pie a varios subcampos, uno de ellos es el cambio conceptual.

A partir de los años 80, los trabajos sobre cambio conceptual se han visto incrementados (Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004). Por tal razón, hay una amplia gama de enfoques sobre el mismo. A continuación, las teorías propuestas para explicar el cambio conceptual son descritas según la clasificación realizada por Flores (2004), la cual se basa en el constructivismo y en los alcances de cada una de las teorías sobre el cambio conceptual. Por otra parte, se anexan otras propuestas teóricas con el fin de tener una visión general de las posibilidades para promover el cambio conceptual.

A. Teorías sobre el cambio conceptual con una aproximación epistemológica centrada en el reemplazo de unidades conceptuales definidas (Flores, 2004).

Kuhn (1970) hace su aportación a este enfoque, calificando el cambio conceptual como una “revolución científica” que consiste en los acuerdos de un grupo de individuos que son reestructurados en uno sólo. Kuhn, considera a estas revoluciones como episodios de un desarrollo acumulativo. Esto significa que una antigua idea es reemplazada completamente o en parte por una idea nueva que no es compatible con la anterior, es decir, son inconmensurables entre sí (Thagard, 1993). Debido a una diferencia entre los significados de ambas ideas, no coincidiendo el significado central del concepto. Ese reemplazo se origina porque la idea antigua o existente ya no es funcional para explicar algún evento de la naturaleza (Kuhn, 1970).

El término de **inconmensurabilidad** es explicado con el siguiente ejemplo por Kuhn (1970):

“Dos hombres que perciben la misma situación de manera diferente, pero que a pesar de eso emplean el mismo vocabulario en su discusión, usan las mismas palabras de manera diferente. Es decir, ellos hablan de lo que he llamado puntos de vistas inconmensurables”.

En la inconmensurabilidad, los cambios conceptuales son muy bruscos y suponen la introducción de un nuevo concepto que permite reorganizar las cosas de una manera distinta (Rodrigo y Armay, 1997).

La propuesta de Kuhn ha sido la base epistemológica de la teoría sobre el cambio conceptual de Strike y Posner (1985), cuya teoría hace referencia a dos fases diferentes que ocurren dentro del cambio conceptual. La primera fase llamada “asimilación”, en donde no se requiere una extensa revisión conceptual, corresponde a las concepciones o conceptos que reincorpora el sujeto de su entorno para definir un fenómeno y que deben tomarse en cuenta

para el diseño de estrategias didácticas las cuales permitirán solucionar el problema conceptual.

La segunda fase se denomina “acomodación”, y hace referencia a cambios conceptuales de mayor escala. Esta fase se presenta cuando las concepciones necesitan una transformación o reestructuración para la adquisición de los nuevos conceptos.

De acuerdo con la fase anterior, Strike y Posner (1985) consideran que la acomodación es un ajuste gradual entre las concepciones que poseen los sujetos inexpertos y las concepciones científicas que pretende enseñar el docente. Y así, obtener como resultado final una importante reorganización o cambio de los conceptos centrales.

Para promover el cambio conceptual se sugiere utilizar las metáforas, las creencias metafísicas, las analogías y los compromisos epistemológicos que son englobados por la ecología conceptual (Kuhn, 1970; Strike y Posner, 1985; Sebastia, 1987; Lawson, 1994; Duit, 1999).

Ese conjunto de conceptos vigentes que se relacionan entre sí en un individuo, son la base para que él considere a las nuevas ideas como comprensibles, razonables y plausibles (Strike y Posner, 1985). Esto dará lugar a una competencia entre las concepciones y como consecuencia el cambio conceptual (Bello, 2004).

La propuesta de la Teoría del Cambio Conceptual hecha por Strike y Posner (1985), se basa en las condiciones de insatisfacción, inteligibilidad, plausibilidad y aplicabilidad. Dichas condiciones han sido catalogadas de forma distinta, es decir, como partes de un problema para llegar al cambio conceptual (Hashweh, 1986) o como estrategias que ayuden a motivar a los alumnos a expresar sus ideas e interpretaciones de cómo intentan comprender y explicar el mundo (Smith y col, 1993).

La condición de insatisfacción la presenta una persona que después de recoger todo un conjunto de problemas sin solución (anomalías), ha perdido su fe en la capacidad de sus conceptos vigentes para resolver los problemas. Por tanto, la persona debe estar completamente insatisfecha con su concepción existente antes de considerar una nueva. Para superar esto, es recomendable que las concepciones del individuo procedan a una acomodación, es decir, a un “reemplazo” o a una “reorganización” de sus conceptos vigentes para eliminar el conflicto.

Dentro de las características de las ideas previas, la resistencia al cambio conceptual puede ser una barrera que implica la satisfacción del estudiante con sus propias ideas. Esto puede ser porque el estudiante se encuentra satisfecho con sus propias ideas.

Lo antes mencionado, posiblemente es el efecto de un aspecto perceptivo u observable que resulta útil en su aplicación a un fenómeno específico. Por ejemplo, cuando se intenta dar una explicación sobre la “flotación de los cuerpos”, “el peso” parece ser la respuesta por su fácil percepción, mientras la densidad no lo es, por no ser directamente observable (Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004).

Con respecto a esto, el maestro debe tener un papel activo en el descubrimiento de las ideas previas de sus alumnos y debe proceder a puntualizar las discrepancias, además de alentar a los mismos en el debate de las ideas previas (Smith y col., 1993).

Aunado a lo anterior, Campanario (2002a) compara de manera general las semejanzas y las diferencias entre los científicos y los estudiantes de ciencia en cuanto a la resistencia a las nuevas ideas. De esta comparación resultó lo siguiente: la resistencia a las ideas científicas dentro del aprendizaje de la ciencia es muy común en el estudiante y la manera como se manifiesta esa resistencia es ignorando el conflicto entre las ideas previas y las científicas.

Las causas de esa resistencia son el lenguaje, las creencias culturales (Hashweh, 1986), la falta de identificación de sus propias ideas, la estabilidad en las formas del pensamiento, y el sentido común, así como las ideas simplistas basadas en la intuición y en los factores afectivos (Campanario, 2002a).

La inteligibilidad es la segunda condición y ésta se refiere a que la nueva concepción debe ser entendible o clara al menos a un nivel mínimo, para que se de el cambio conceptual (Strike y Posner, 1985; Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004).

Esta condición es esencial porque requiere de la comprensión del uso de los términos y los símbolos así como, de la coordinación de ellos para expresar, construir o identificar los conceptos. En cambio, el significado de los símbolos es determinado por el razonamiento y la percepción (Thagard, 1993). El término de lenguaje tiene como finalidad el aprender a categorizar y estructurar el mundo de una manera determinada, es decir, una forma de recortar el mundo (Pérez, 1999).

Como se puede esperar, el lenguaje es primordial en la comprensión de cualquier fenómeno que ocurre en el entorno porque se apoya en el uso de estructuras definidas y cuando éstas cambian también lo hace el lenguaje. Todo eso, porque se abandona un lenguaje basado en la realidad y se substituye por uno científico, dificultando con ello, el aprendizaje del nuevo lenguaje debido a un cambio en las propias estructuras o por la conversión de la relación entre los elementos. Por ejemplo, en el lenguaje cotidiano se dice

“uno tiene fuerza” mientras en el correspondiente a la física “las fuerzas siempre son ejercidas” (Campanario, 2002a).

La tercera condición (plausibilidad, credibilidad o verosimilitud inicial) hace referencia a cualquier concepto nuevo que se adopte al inicio debe al menos ser aceptable y tener la capacidad de resolver los problemas generados por sus predecesores. A pesar de la falta de pruebas para justificar el cambio conceptual, no se rechaza la posibilidad de argumentos que lleguen a convencer al individuo en la aceptación del nuevo concepto; sin embargo, Kuhn (1970) no describe esos argumentos (Pérez, 1999).

La plausibilidad inicial se relaciona con una reorganización o reestructuración del nuevo concepto y la vieja estructura cognitiva del estudiante. El estudiante puede explicar la realidad con los conceptos ya estructurados (Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004). Esta condición es sugerida por su mayor interés en la investigación de la enseñanza en ciencias (Kuhn, 1970).

El nuevo concepto debe ser consistente con otras teorías, creencias y experiencias que posee el estudiante. Así como también, debe explicar algún fenómeno familiar o resolver algunos problemas actuales que conduzcan finalmente a los alumnos hacia la comprensión de la nueva concepción y la acepten por ser creíble (Smith y col., 1993).

Por último, la cuarta condición, la aplicabilidad, la cual se refiere a que un nuevo concepto debe sugerir la posibilidad de un programa de investigación que resulte fructífero, es decir, que pueda aplicarse a un gran número de fenómenos o eventos (Strike y Posner, 1985). Los estudiantes tienen que hacer el intento por interpretar su experiencia con las nuevas concepciones. De esta manera, si la nueva concepción resuelve las anomalías de su predecesora y lleva hacia nuevas formas de ver las cosas así como a nuevos descubrimientos, entonces, la nueva concepción y el resultado de su acomodación será fructífera.

El uso de la nueva concepción debe relacionarse con las ideas, temas y problemas conceptuales presentados durante las clases, para el enriquecimiento de actividades que enfatizan la importancia de dicha concepción así como, la conexión con otros temas, disciplinas y aplicaciones en diferentes áreas (Hashweh, 1986).

La aplicabilidad es el resultado visual de la forma en que los conceptos científicos cooperan en las nuevas experiencias y ayudan a la explicación de un fenómeno no familiar y más complejo, lo cual, conduce a nuevos alcances (Smith y col., 1993). Sin embargo, esta condición aún no es clara y por tanto, es necesario investigarla con más detalle (Hashweh, 1986; Smith y col., 1993).

Cuando el individuo tiene una idea previa, es posible que la exprese verbal, escrita o gráficamente según el instrumento de diagnóstico empleado por el profesor o investigador (cuestionario escrito, entrevista clínica, entre otros). Por lo tanto, el uso de oraciones escritas y verbales es de gran ayuda para monitorear la comprensión y el progreso de los estudiantes e identificar el cambio conceptual (Strike y Posner, 1985).

Por otra parte, Carey (1985; 1991), reconoce a dos tipos de cambio conceptual en el estudiante:

Reestructuración débil.- la cual, se basa en los procesos de generalización y discriminación conceptual para construir una nueva organización conceptual de un determinado tema.

Reestructuración fuerte.- este tipo de reestructuración supone cambios de mayor profundidad, los cuales pueden alterar la naturaleza de las explicaciones y los conceptos aceptados científicamente lo que corresponde a una “revolución científica”.

Una vez presentados ambos tipos de cambio conceptual, la misma autora manifiesta la duda de cuál es el tipo de reestructuración cuando el cambio se basa en las ideas previas. Aquí, es posible inferir que se trate del segundo tipo de reestructuración por ser un proceso gradual, cuyos cambios no son cercanos por lo que es necesario darles un seguimiento para detectar los problemas conceptuales y tratarlos de forma inmediata para que el alumno logre una acomodación de sus ideas previas y la nueva concepción científica (Strike y Posner, 1985).

Por su parte, Garrison y Bentley (1990) proponen una semejanza entre los conceptos propuestos por Carey (1985) y lo señalado por Strike y Posner (1985), donde equiparan a la reestructuración débil con el proceso de asimilación. Mientras tanto, la reestructuración radical propuesta por Carey (1985), tiene parecido con el proceso de acomodación.

En otro trabajo de Carey (1991) se reconoce el cambio fuerte o radical en términos de la inconmensurabilidad, pues involucra una transformación a nivel de conceptos individuales en transición de un lenguaje (L1) a otro lenguaje (L2). De acuerdo a esto, Carey menciona los siguientes tipos de cambio conceptual: 1) diferenciación, implica una distinción entre el concepto ocurrido en la historia de la ciencia y en las ideas previas del estudiante que antes no se diferenciaban como son el calor y la temperatura; 2) coalescencia, integrar dos significados diferentes en un nuevo concepto tal como es la unificación de los tipos de energía en un solo concepto; 3) cambiar una propiedad simple en una relación, un ejemplo es el “peso” que de ser una propiedad esencial del objeto pasa a formar parte de la relación entre fuerza gravitacional y masa.

La misma autora, sugiere que algunas veces los conceptos físicos de los niños son inconmensurables con respecto a los encontrados en los adultos. Además, Carey aclara que los sistemas conceptuales que resultan localmente inconmensurables pueden mostrar muchos términos que tienen el mismo significado en ambos lenguajes (en el existente y en el científico).

De esa forma, la inconmensurabilidad toma importancia en el cambio conceptual de reemplazo, especialmente desde el punto de vista epistemológico y Ledesma (2000), la describe de la siguiente manera:

“una palabra muy llamativa y sugerente pues nos permite entender el aislamiento e incomunicación que se da entre los partidarios de dos teorías sucesivas o rivales que “hablan lenguajes diferentes” y los lenguajes de teorías diferentes son las contrapartes lingüísticas de los mundos diferentes que habitamos ...”

En resumen, la inconmensurabilidad es un término que denota el aislamiento y competencia existente entre un concepto científico y la idea previa del alumno sobre la explicación de un mismo fenómeno.

B. Teorías sobre el cambio conceptual con una aproximación epistemológica centrado en los sistemas complejos (Flores, 2004).

Este tipo de cambio parte de la determinación de categorías y subcategorías las cuales vayan mostrando cómo se está construyendo el conocimiento en los alumnos (Flores, 2004).

DiSessa y Sherin (1998) realizaron una revisión sobre el cambio conceptual y proponen una teoría para los conceptos específicos, denominada "clases de coordinación" (*coordination classes*, en inglés), y es una manera sistemática de obtener información de la realidad.

Las conceptualizaciones formadas de las clases de coordinación son complejas, pues implican un proceso de coordinación entre los elementos en torno a una representación específica. Por ejemplo, el concepto de fuerza tiene diferentes formas para reconocerla, interpretarla y utilizarla con la intención de explicar los fenómenos en los cuales está involucrada (Flores, 2004). La construcción de dicha teoría requiere de un proceso de reestructuración a largo plazo dando lugar a un cambio conceptual (DiSessa, 1998; Flores, 2004).

Las condiciones que proponen DiSessa y col. (1998), para la elaboración de un modelo conceptual que determine la forma de representar un fenómeno en el cual un concepto se encuentre involucrado (Gallegos y Garrita-Ruiz, 2004), son las siguientes:

La primera, es definir un modelo que sea estándar en cuanto a un concepto (una entidad que posee atributos). La segunda, es considerar la naturaleza de la diversidad de las construcciones teóricas que se pueden dar para un sólo concepto. Tercera, tomar en cuenta los procesos involucrados en el uso del concepto para promover el cambio conceptual.

La cuarta y última, es organizar y diferenciar esos procesos para la enseñanza del concepto y tener la capacidad para detectar las dificultades del concepto e identificar los componentes del cambio.

Cuando se trabaja con el desarrollo de un modelo cognitivo común (estándar), éste puede ayudar a promover el cambio conceptual en el estudiante e integrar los procesos de aprendizaje y descubrimiento (Halldén, 1999).

Por su parte, Schnotz y Preub (1999) consideran que el cambio conceptual tiene su importancia en la reorganización del conocimiento y ese cambio es una transformación gradual de: 1) los modelos mentales que son construcciones interpretativas y constructivas diseñadas por quienes analizan las ideas previas de los estudiantes; 2) las representaciones preposicionales las cuales son descripciones internas de los sujetos y funcionan como una base de datos para la construcción del propio modelo. Los modelos mentales inspeccionan las representaciones preposicionales y generalmente, un sólo individuo construye un modelo mental durante el proceso de aprendizaje representando un ejemplo típico del objeto o escenario descrito.

Como modelo se tiene el trabajo de Flores y col. (2000), quienes presentan un análisis acerca de la construcción de una representación de los estudiantes de bachillerato acerca del tema de la célula. Este tema ha sido reconocido por los profesores como uno de los más complejos en la enseñanza de la biología.

Para obtener el modelo de representación celular que tienen los estudiantes, los investigadores Flores y col. (2000) categorizaron las principales ideas previas tomando en cuenta las funciones generales de la célula, las cuales son aplicables tanto en plantas como en animales, así como también, la interpretación del conjunto de ideas expresadas por los estudiantes sobre los procesos celulares, las estructuras y las características espaciales de la misma. Esos aspectos permitieron construir una representación general de la célula.

El análisis de dicha representación abarcó dos aspectos: primero el estructural, funcional y espacial de la célula; el segundo aspecto fue la participación de la célula en las funciones de los organismos multicelulares.

El estudio antes mencionado, inicia a partir de los procesos generales de los seres vivos hasta finalizar con los procesos celulares, entre ellos, la reproducción. El modelo diseñado por los mismos autores, presenta las ideas principales, es decir, las concepciones generales de los seres vivos, así como los problemas relacionados con las características de los animales y vegetales para construir finalmente una representación de la célula.

El modelo se infirió de las respuestas que los alumnos proporcionan acerca de las características de los animales y las plantas pluricelulares para después identificarlas en la célula. Esto se vio reflejado en sus ideas previas y en los enunciados que construyen a partir de alguna pregunta o explicación específica.

También, los mismos autores (Flores y col., 2000) resaltan la importancia de los modelos mentales porque son elementos comparativos para el proceso de cambio conceptual durante la instrucción. Ellos sugieren que la estrategia orientada hacia el cambio debe considerar las estructuras, concepciones y representaciones de los estudiantes con el propósito de detectar los cambios en el aprendizaje.

En el cambio conceptual es primordial resaltar que los modelos mentales son muy ilustrativos puesto que permiten ver con detalle las representaciones conceptuales ligadas con la experiencia cotidiana del estudiante (Gallegos, 1998), además de facilitar la interpretación de los problemas conceptuales del alumno.

C. Teorías sobre el cambio conceptual con una aproximación cognitiva centrado en el reemplazo de unidades conceptuales definidas e invariantes (Flores, 2004).

En esta aproximación, los estudiantes ubican inadecuadamente los conceptos dentro de las categorías ontológicas y dada la dificultad para definir el cambio de significado, Chi (1992) propone pensar en un cambio basado en lo categórico en donde los conceptos se asignen dentro de categorías ontológicas específicas que puedan afectar el contenido o significado de los conceptos. La categoría ontológica intenta dividir el conocimiento en una forma que sea fácilmente capturada aunque algunas veces resulta difícil para definir, explicación tomada del Diccionario de filosofía contemporánea (1976).

La autora (Chi, 1992) señala tres categorías ontológicas básicas: materia, eventos y abstracciones. En cuanto a la primera, los objetos deben tener una serie específica de obligaciones que dicten su conducta y el tipo de propiedades que ellos puedan tener. Por

ejemplo los humanos, la arena, etc., tienen atributos tales como son: volumen y masa, color y forma.

Los eventos son gobernados por una serie de leyes físicas tal como es la variación del tiempo. Además, los eventos pueden ocurrir naturalmente como la descarga de una anguila o construirse artificialmente como es el caso de un circuito eléctrico. Mientras tanto, las abstracciones se encuentran relacionadas con factores emocionales y mentales.

El cambio conceptual puede ser una reestructuración gradual del conocimiento, cuando sucede dentro de la misma categoría ontológica (Chi, 1992; Pauen, 1999), el cual es difícil de alcanzar si existe una carencia de conocimiento o complejidad en la búsqueda de los procesos para una reasignación de conceptos (Chi, 1992). Éstos pueden migrar de arriba hacia abajo en un determinado árbol ontológico y así, constituir los nuevos conceptos (Chi, 1992; Pauen, 1999), pero no a través de las ramas porque desde éstas pueden representarse distintas categorías ontológicas. Por ejemplo, las plantas y animales forman una nueva categoría subordinada que posiblemente es de “seres vivos” pero las plantas no pueden llegar a ser parte de los animales (Chi, 1992).

A pesar de lo anterior, Chi (1992) comenta que el cambio puede ser radical si éste ocurre entre las categorías ontológicas, es decir, al cambiar un concepto de su ubicación original a otra categoría con una nueva asignación. La misma autora hace hincapié en este cambio como un proceso de construcción conceptual y no del significado de un concepto y posiblemente ese proceso resulte evidente al pasar de una categoría a otra. Además, su teoría menciona la dificultad en el logro de ciertos aprendizajes de las ciencias en los que se requiere el cambio conceptual entre categorías ontológicas porque las ideas previas de los alumnos pertenecen a categorías diferentes de las del significado del concepto científico.

Por otro lado, Pauen (1999) menciona que el conjunto de cambios conceptuales puede involucrar la suma, eliminación o reorganización de los conceptos. Así como también, la redefinición de la naturaleza jerárquica del grado conceptual (Thagard, 1993).

Finalmente, para Chi el cambio conceptual es un proceso de reubicación de los conceptos dentro y entre categorías. Por tal razón, el profesor debe proporcionarles a los alumnos las categorías que son adecuadas para que ellos mismos identifiquen el error en la clasificación del concepto que ellos ubicaron (Flores, 2004).

Por su parte, Nersessian (1989) considera que el cambio conceptual parte de un análisis histórico porque la naturaleza de los cambios y los tipos de razonamiento involucrados dentro del proceso de construcción de una representación científica ó reestructuración conceptual son los mismos en los estudiantes de ciencia y en científicos.

Para promover dicho cambio se recomienda introducir la evaluación del “descubrimiento argumentado” en una instrucción diseñada para la enseñanza en ciencias. Este descubrimiento consiste en la formación de un concepto científico con base a procedimientos como son analogías, idealizaciones, experimentos entre otros, que pueden ser evaluados mediante un análisis conceptual.

Finalizando con esta clase de enfoque es preciso decir que para Nersessian (1989), el cambio conceptual es un proceso de descubrimiento racional (constituido por analogías, modelos y análisis) y además, progresivo porque los cambios precedentes explican los siguientes (Flores, 2004).

D. Teorías sobre el cambio conceptual con una aproximación cognitiva centrada en los sistemas complejos (Flores, 2004).

Por lo que respecta a esta visión, se incluye a Vosniadou (1999), quién comenta que la teoría del cambio conceptual se basa en la idea de que los estudiantes poseen "concepciones alternativas" que son internamente coherentes, robustas y difíciles de extinguir.

Además, la misma autora dice que dicho cambio es una colección y sistematización de los fragmentos del conocimiento científico que forman finalmente, un todo que resulta consistente frente a las concepciones alternativas. Los alumnos pasan generalmente, de lo coherente a la fragmentación del conocimiento por su complejidad; ya que los encuentros experimentales pueden ser correctos pero no los cambios observados en los jóvenes y en los adultos pues representan una coherencia inicial que después resulta en un conocimiento aislado.

Lo anterior se debe posiblemente a que las estructuras conceptuales iniciales son más complementarias que el pensamiento científico o en su caso, la instrucción científica parte de una fragmentación de un esquema de explicación inicial sin tener su base en la construcción de un esquema conceptual de explicaciones alternativas que son coherentes con las científicas. Finalmente, Vosniadou (1999) menciona que este tipo de cambio parece ser gradual más que un cambio repentino.

E. Teorías sobre el cambio conceptual centrado en la motivación.

Este enfoque involucra los modelos denominados fríos o calientes. Los primeros explican el cambio con base a las estructuras conceptuales del estudiante y atienden solamente cuestiones cognitivas y racionales. Los segundos también describen la transformación en ese tipo de estructuras pero no consideran sólo los elementos cognitivos sino también los afectivos y los de motivación (Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004).

Pintrich y col. (1993) mencionan que la frase “el conocimiento es frío y aislado” posiblemente proceda del pensamiento que tienen los estudiantes sobre el comportamiento científico porque cuando los individuos dedicados a la ciencia están insatisfechos con una idea, ellos buscan nuevas construcciones que sean inteligibles, plausibles y fructíferas (Strike y Posner, 1985).

Por tal razón, es necesario continuar con investigaciones que desarrollen modelos de cambio conceptual que no solamente tengan una base racional y de motivación sino también que dichos modelos se sitúen en la naturaleza del aprendizaje en el contexto escolar (Pintrich y col., 1993).

Algunos autores como Wandersee y col. (1994) proponen que el cambio conceptual es un trabajo intelectual difícil de llevarse a cabo debido a las emociones del sujeto. Por lo que recomiendan tomar en cuenta la parte afectiva dentro de la investigación de enseñanza en ciencias. Los mismos autores indican este tipo de enseñanza como el comienzo de una metamorfosis dirigida hacia una perspectiva del cambio conceptual.

La relación motivación personalizada y aprendizaje puede tener importancia para promover el cambio conceptual o en su caso limitarlo y para que lo segundo no suceda, Pintrich (1999) menciona cuatro posibles maneras de motivación:

Primero, la orientación hacia una meta de dominio como es la elaboración de representaciones mentales por parte del estudiante.

Segunda, la adopción de una epistemología constructivista que indique si el alumno interroga sus ideas previas para construir con mayor frecuencia las concepciones científicas a través de sus propios esfuerzos.

Tercera, el interés del alumno por algún contenido temático y así, revisarlo en clase en cuanto a su utilidad e importancia implicando con ello la parte afectiva.

Por último, la cuarta es la adopción de una creencia personal que controle el aprendizaje aunque no se especifica su influencia en la dirección del pensamiento, es decir, en el nivel de asimilación o en el de acomodación de la nueva información.

F. Teoría sobre el cambio conceptual centrada en el contexto.

El cambio conceptual es una evolución de las antiguas ideas en las nuevas concepciones, las cuales inicialmente son fructíferas a partir de un contexto particular, especialmente escolar. Mientras tanto, las concepciones antiguas continúan siendo valoradas en otros contextos que resultan inapropiados (Duit, 1999). Por consiguiente, el contexto es un factor central para explicar por qué los estudiantes tienden a mantener sus ideas (Halldén, 1999). Además, es probable que la nueva información se obtenga en contextos restringidos pero se aplique a una gran variedad de situaciones (Vosniadou, 1999).

Halldén (1999), relaciona el contexto con el cambio conceptual con la finalidad de responder a la siguiente pregunta: ¿cómo los estudiantes ponen una resistencia a las nuevas concepciones que son introducidas durante la instrucción? y ¿cuál es el resultado final de esta instrucción?, siendo el contexto un punto clave para explicar el porqué de esta resistencia.

El mismo autor enfatiza la definición del término “contexto” proporcionada por Goodwin y Duranti (1992) la cual hace referencia a un entorno que rodea al evento examinado. Esto conlleva a entender el contexto en varias formas, las cuales se encuentran en juego cuando los estudiantes realizan un esfuerzo para comprender un determinado fenómeno, concepto o evento.

Existen diferentes tipos de contexto, entre los que se encuentran: el contexto situacional, el cognitivo y el cultural.

En el caso del **contexto situacional**, los conceptos científicos compiten con el pensamiento del sentido común para explicar problemas cotidianos.

Sin embargo, los estudiantes no siempre encuentran el error porque ellos aplican el sentido común en vez de las concepciones científicas y por tanto, no ocurre un cambio significativo del concepto.

Por su parte, el **contexto cognitivo** se vincula con el desarrollo cognitivo de reemplazo y de sistemas complejos (ese proceso de cambio es reflejado al aumentar la edad). Este contexto es uno de los más importantes porque interviene activamente y además, es un elemento de construcción e interpretación en el sujeto (Flores, 2004). Sin embargo, es un contexto difícil de tratar por lo que el autor recomienda en primer lugar comprender completamente los conceptos de un orden inferior para poder entender los más abstractos.

El contexto **cultural** tiene relación con el lenguaje generado por una sociedad. Esto se refiere a la interacción del sujeto con la situación, las normas (morales y de valores) y las conductas presentes en una sociedad.

De acuerdo a lo anterior, Halldén (1999) concluye que el contexto juega un papel primordial en el aprendizaje de algo nuevo y éste posiblemente empiece de un lenguaje común.

Según la visión contextual es probable que el cambio conceptual se vincule con la adquisición de una nueva manera de conceptualizar el mundo; no por reemplazo de las concepciones sino por el enriquecimiento de las concepciones científicas en la medida que son vinculadas con el repertorio de las propias concepciones del estudiante (Llorens y De Jaime, 1987), ante un problema (Rodrigo y Arnay, 1997) o un fenómeno específico (Halldén, 1999), con la posibilidad de proveer recursos para la interpretación del evento.

Aunque si uno reflexiona, el contexto cultural puede dar pie a generar un conocimiento inadecuado y por tal motivo, el profesor debe guiar a los estudiantes para que ellos comprendan la utilidad de las concepciones científicas en los diferentes contextos (Rodríguez-Moneo y Aparicio, 2004).

G. Teoría sobre el cambio conceptual centrada en las representaciones múltiples.

Aquí se presenta un panorama que está tomando cada vez más importancia pues permite que los estudiantes interactúen conceptual y/o cognitivamente con su entorno con base a sistemas complejos de los conceptos y a la relación de la construcción de representaciones con el contexto (Flores, 2004).

El perfil conceptual propuesto por Mortimer (1995) citado en Ribeiro y Mortimer (2004) se puede ubicar en este enfoque porque éste parece ser una integración de aquellos que se revisaron con anterioridad para profundizar con detalle la comprensión de los conceptos que se van a tratar.

Dichos autores mencionan que la propuesta del perfil conceptual describe la evolución de las ideas en distintos contextos tales como social, escolar e individual como consecuencia del proceso de enseñanza-aprendizaje. El mismo perfil es un instrumento el cual consiste de zonas que determinan la visión del mundo a la cual el estudiante accede.

Las zonas que proponen Ribeiro y Mortimer (2004) son: perceptiva / intuitiva, constituida por impresiones inmediatas que orientan a los alumnos en la construcción de sus ideas basadas en un contexto histórico-social; empírica, en donde las ideas científicas interpretan o analizan un experimento o evento; la formalista y racionalista. La formalista

emplea fórmulas para el análisis conceptual aunque no logra completamente un entendimiento de los conceptos. La racionalista se enfoca al análisis de las ideas científicas a partir de un contexto más complejo, el académico.

Los mismos autores recomiendan buscar las relaciones de los conceptos formados en el contexto cotidiano con los construidos en el científico, con la intención de que los alumnos opten por el más eficaz, es decir, el científico, para transformar sus concepciones previas.

De acuerdo a Ribeiro y Mortimer (2004), la construcción de un perfil conceptual puede basarse en las ideas previas que son extraídas del dominio ontogenético, esto quiere decir que ellas se encuentran en los estudios actuales sobre las concepciones alternativas y los conceptos científicos acerca de un fenómeno natural tal como es la reproducción. Otro dominio es el sociocultural, cuya importancia parte de un análisis histórico de la formación de los conceptos científicos. Una vez que se revisan y se tiene el apoyo de ambos dominios se procede con el microgenético que hace referencia a las ideas previas obtenidas en el aula.

La intención de trazar diferentes dominios no es para plantear un paralelo entre los contenidos de cada uno sino para comprender ampliamente la génesis de los conceptos. De este modo cabe la posibilidad de que el perfil conceptual se considere como un instrumento que facilita la introducción de aspectos históricos dentro de la enseñanza de conceptos científicos.

A manera de conclusión de este capítulo, el cambio conceptual tiene como objetivo el transformar las ideas previas y mejorar el aprendizaje de los conceptos científicos así como, el mostrar a los profesores que la enseñanza tradicional es ineficaz (Flores y col., 2004).

Por lo tanto, es recomendable que los maestros reflexionen sobre sus ideas y las modifiquen mediante una búsqueda de información oportuna y veraz en el tema científico que enseñarán. También, es importante que ellos consideren tanto las ideas previas como los problemas conceptuales que los alumnos presentan, porque eso facilita el diseño de estrategias didácticas para mejorar la representación de los conceptos de los estudiantes (Flores y col., 2000). Así como, cambiar esa clase de ideas que no resulta con la enseñanza tradicional (Flores y col., 2002).

El empleo de estrategias de captura ayuda a que la idea previa y el concepto nuevo se traten en conjunto dentro de la enseñanza de diversos temas de biología. Así como también, se sugiere el uso de otras estrategias las cuales tomen en cuenta las ideas previas de los estudiantes y se orienten hacia el aprendizaje significativo o el cambio conceptual.

Por lo tanto, utilizando las ideas existentes, se puede observar la eficacia de la estrategia de enseñanza aplicada por el profesor (Flores y col., 2002).

La realización de experimentos y la interrogación durante éstos son de utilidad para los docentes pues les ayuda a identificar las ideas previas de sus alumnos así como, la resistencia o la modificación de esas ideas y así, tener un apoyo en la construcción conceptual de sus estudiantes (Flores y col., 2002). La experiencia en el laboratorio debe estar orientada a una construcción conceptual y demostrar el fenómeno real más que mostrar los datos correctos.

Además, la aplicación de exámenes escritos y verbales durante, así como, al finalizar la estrategia tienen la intención de revisar la comprensión de los conceptos científicos y como consecuencia comprobar la presencia de un aprendizaje significativo.

Finalmente, la estrategia diseñada por Tovar (1998) tiene sus bases en la Teoría del Cambio Conceptual propuesta por Strike y Posner (1985).

CAPÍTULO 2

2.1 Investigaciones realizadas hasta el momento sobre el tema de reproducción.

El estudio sobre las ideas previas y los problemas en el aprendizaje de los conceptos científicos es más avanzado y mejor conocido en el campo de la física que en la biología (Serrano, 1987; Pfund y Duit, 1998 citado en Flores y col., 2002).

La investigación acerca de las ideas previas ha permitido un conocimiento general de las mismas aunque no se sabe con exactitud cómo se generan. Además no se abarcan todos los temas y conceptos contemplados en los programas de ciencias desde los niveles básicos hasta los superiores (Flores y col., 2002).

Serrano (1987) hace una selección de trabajos sobre temas de biología entre los cuales se encuentran los de genética y reproducción sexual (Hackling, 1982; Longden, 1982). El autor enfatiza la importancia de las técnicas de aprendizaje proporcionadas por algunos de los investigadores en enseñanza en ciencias, así como, las dificultades encontradas durante el proceso de aprendizaje y la interpretación de las mismas. Además, comenta que existen escasos trabajos que traten sobre la intervención en clases para solucionar los problemas conceptuales presentados en los alumnos.

Entre los estudios que han contribuido en el campo de la enseñanza en biología con diversos intereses dentro de la línea de la enseñanza en ciencias se encuentran los relacionados con las ideas previas, los cuales están organizados en la Página de Ideas Previas (Flores y col., 2002), en nueve temáticas según la estructura disciplinaria y son las

siguientes: características de los seres vivos, bioquímica, célula, genética, evolución, sistemática, virus, ecología y biología humana.

En dichos trabajos son consideradas las ideas previas como la principal herramienta para diseñar estrategias que tomen como dirección el cambio conceptual (Valencia, 2004).

Con el propósito de llevar un orden cronológico se darán a conocer los estudios correspondientes a la década de los 70's y los 80's finalizando con los del año 2000.

Balls y Godsell (1973) señalan la existencia de una gran confusión, al utilizar el nombre de mitosis como indicador de todo el ciclo de una célula somática. Dicha equivocación se debe a la integración de la replicación de ADN, que no se realiza durante la mitosis, además de que la interfase no es tomada en cuenta como una fase condicionante para iniciar este proceso celular. Ellos agregan que dicha fase es considerada como una etapa de reposo y no de gran actividad de replicación. Los mismos autores describen las fases del ciclo celular lo más cercano a la ciencia y utilizan como ejemplo el cultivo de células somáticas de la especie de rana *Xenopus laevis*.

Por último, los investigadores sugieren que el término de interfase debe ser tratado adecuadamente para superar los problemas conceptuales.

Después de que los investigadores (Balls y Godsell, 1973) encontraron dificultades con el aprendizaje del concepto de mitosis e interfase, la investigación realizada por Okeke y Wood-Robinson (1980) examinó el nivel de entendimiento de una selección de conceptos biológicos en los estudiantes de bachillerato de Nigeria (de 16 a 18 años de edad); entre esos conceptos está la reproducción.

Los autores no observaron diferencias significativas en los conceptos entre ambos sexos aunque se observaron diferencias en los alumnos de escuelas urbanas porque ellos fueron significativamente mejores que los pertenecientes a escuelas rurales.

Los mismos autores eligieron el tema de reproducción entre otros por ser un proceso de importancia para los organismos vivos. Dicho tema se separó en 7 ideas básicas: 1) lo necesario para que se de la reproducción; 2) los métodos de reproducción y sus implicaciones en términos de las características de la descendencia; 3) el proceso de fertilización; 4) las relaciones entre este último concepto y las condiciones ambientales; 5) la diferencia entre el número de cromosomas en células somáticas y en los gametos, así como la razón de esta diferencia; 6) la relación entre un embrión de mamífero y su progenitor; y 7) el desarrollo de las características secundarias en el ser humano y el control hormonal en el mismo.

El estudio realizado por ambos autores se basa en el modelo de desarrollo cognitivo propuesto por Piaget (1958) que incluye 3 niveles de entendimiento: preoperacional, operacional concreto (guiado por la intuición) y operacional formal (implica análisis y por lo tanto abstracción). Las ideas básicas que requieren de un pensamiento analítico son: los métodos de reproducción y sus implicaciones en términos de las características de la descendencia, las relaciones entre la fertilización y las condiciones ambientales, la diferencia entre el número cromosómico en células somáticas y gaméticas con la justificación anexa de esta diferencia.

En cambio, las ideas acerca de lo que es indispensable para la reproducción, la descripción de la fertilización y la relación embrión mamífero-progenitor son intuitivas. Los resultados de este estudio no fueron muy favorables debido a que el nivel de entendimiento analítico fue bajo.

De la anterior investigación, Okeke y Wood-Robinson (1980) concluyen que la clasificación de conceptos dentro de un área y las interrelaciones entre los mismos a manera de un esquema conceptual facilita la enseñanza (Banet y Ayuso, 1995); aunque sugieren que la determinación de los niveles de entendimiento en las clases resulta más significativo cuando la propia enseñanza es dirigida hacia el cambio conceptual.

Por otra parte, uno de los trabajos que reporta Serrano (1987) corresponde al realizado por Hackling (1982), quién identificó las características que los estudiantes de secundaria usan para entender un grupo de conceptos de herencia y reproducción sexual.

El mismo autor Hackling (1982), aplicó un examen a 100 estudiantes de bachillerato de Australia, quienes explicaron con sus propias palabras el significado de cada concepto de la lista mostrada referente a la genética y a la reproducción sexual.

El examen se dividió en los dos temas antes mencionados. En ambos se les pidió de manera ordenada escribir los primeros cinco conceptos que se les venían a la mente y que asociaban con la sección correspondiente (genética o reproducción). Finalmente, el autor descubrió una carencia en el entendimiento de los conceptos: meiosis, gameto, fertilización y mitosis en términos de sus relaciones con los cromosomas y genes.

Por lo que se refiere al concepto de meiosis, Longden (1982) menciona que este concepto puede ser considerado como una gran barrera conceptual para el estudiante de bachillerato debido a que impide un entendimiento significativo de los conceptos que son dependientes de él.

Con respecto a las investigaciones realizadas sobre la enseñanza en la reproducción de las plantas se hace evidente la de Biddulp (1984), quién efectuó un estudio cuyo propósito fue que los estudiantes de primaria y secundaria (entre los siete y catorce años de edad) de Nueva Zelanda comprendieran el ciclo de vida de las plantas con flores. También investigó las ideas previas y los intereses de los estudiantes acerca de las angiospermas. Los intereses presentados por los niños fueron los siguientes: ¿La planta de zanahoria tiene semillas? ¿Por qué están las semillas en la mayoría de los frutos o vegetales? ¿Cómo una planta produce una semilla? Este estudio confirma la necesidad de enfocar la atención de los alumnos acerca del ciclo de vida de las plantas.

A mediados de la década de los 80's se hace presente Giordan (1985) con una descripción general de la metodología para descubrir los obstáculos conceptuales sobre el concepto de reproducción humana en estudiantes de 9 a 14 años de edad. La metodología consistió en dos partes: captura de información y su posterior tratamiento. La primera parte, incluyó observaciones en clases, cuestionarios y entrevistas, evaluación sumativa de las representaciones (pre-prueba y post-prueba). La segunda parte constituye la detección y el análisis posterior de las situaciones de cambio, así como, los problemas descubiertos en las oraciones, dibujos o esquemas hechos por los estudiantes.

Los resultados a los que llegó Giordan (1985) son: encontrar obstáculos a todos los niveles, es decir, desde el origen del huevo hasta el desarrollo del mismo. Siendo algunos de los problemas conceptuales idénticos en distintos alumnos, y en otros diferentes u opuestos. El autor catalogó a las dificultades conceptuales en tres categorías: las susceptibles a cambiar mediante la intervención del profesor; las que son tenaces, situándose en la estructura cognitiva y las relacionadas con la experiencia afectiva del niño.

Posteriormente, García (1987) detecta los errores conceptuales sobre la reproducción de las plantas en los alumnos de magisterio de educación básica continua en España, pertenecientes a una de las 3 especialidades: ciencias, filológicas y humanidades.

García (1987) no identificó diferencias significativas entre los alumnos de las distintas áreas. Él observó que los estudiantes identificaban solamente a las plantas con flores como llamativas, desconociendo la función de estas estructuras. Siendo más fácil para los estudiantes la distinción entre frutos y semillas.

Por su parte, Berduque y col. (1989) presentan una propuesta sobre un programa de actividades para el estudio de la reproducción de las fanerógamas, un tema para enseñar en el primer año del bachillerato. De acuerdo con el autor, dicho programa se basa en un enfoque constructivista y considera la observación de diferentes especies de plantas: la

disposición de la flor en el tallo, la revisión de las características de los órganos reproductores, el análisis de los textos para introducir conceptos y preguntas que promuevan la formulación de hipótesis. Sin embargo, no describe con detalle el programa de actividades.

De igual manera, Herrero y col. (1989) proponen una unidad didáctica enfocada al desarrollo teórico-práctico para los estudiantes de bachillerato, los temas considerados son: la reproducción de las angiospermas, la diversidad de flores, las gimnospermas, las plantas unisexuales y hermafroditas. Los conceptos que pretende tratar dicho programa son los relacionados con la flor, fruto y semilla, además de las particularidades de la reproducción en las fanerógamas.

Para finalizar con esa década, se propone un planteamiento didáctico (García y col., 1989), en donde tratan de jerarquizar los conceptos relacionados con la "Teoría Celular". Ellos sugieren primero abordar el tema de reproducción, comenzando con el ser humano como una unidad vital por ser conocido y motivador para continuar después a un nivel más específico en donde se ubica a la reproducción celular.

Dentro de la propuesta, los autores toman en cuenta la enseñanza del aparato reproductor femenino del ser humano para estudiantes de nivel bachillerato. El objetivo general de su proyecto es comprender el fenómeno biológico de la reproducción humana y su incidencia en la experiencia diaria del estudiante, además de ofrecerle una preparación para su ingreso a la universidad. Los temas que incluye son: los gametos, la gametogénesis, la anatomía del aparato reproductor del ser humano (masculino y femenino), fisiología de la reproducción, fecundación y desarrollo embrionario humano, así como su relación con la herencia.

Al comienzo de los 90's, Brown (1990) menciona que aunque los nombres de las fases de la meiosis tienen importancia citológica, ellos no son particularmente descriptivos del proceso que representan. Por esta razón, el autor usa más las claves descriptivas para los eventos que las fases convencionales. También agrupa la etapa de alineamiento y la etapa de separación de los cromosomas como una sola (alineamiento / separación) debido al efecto determinista de cada alineación en su subsiguiente separación. Aunque, el reconocimiento de la replicación no es parte de la meiosis, el autor lo integró en los 6 eventos meióticos por ser un prerrequisito para ésta.

Por otra parte, Lawson (1991) contribuye con una propuesta sobre un programa de actividades para estudiantes (aunque no hay especificación del grado educativo). En él considera el ciclo de aprendizaje de la mitosis proporcionado por Daniely (1990), en el cual se involucran de manera consecutiva las fases de explicación, introducción y aplicación.

Lawson (1991) le hace algunos cambios al ciclo de aprendizaje de Daniely, entre ellos, propone utilizar como apoyo un material fílmico de la división celular de una célula viva y después emplearlo como base para identificar las fases presentes en las preparaciones de tejidos en crecimiento de la raíz o tallo de una cebolla, en vez de emplear diagramas con las diferentes etapas de mitosis de una célula (Daniely, 1990). Lawson (1991) considera que el ciclo de aprendizaje de Daniely debe guiarse por alguno de los siguientes planteamientos: ¿cómo se dividen las células? o ¿cómo crecen los organismos multicelulares?

El mismo autor recomienda emplear modelos reales en compañía de un lenguaje adecuado por parte del profesor y así promover la observación, el cuestionamiento, la comprobación de hipótesis y la construcción del conocimiento en los estudiantes.

Una vez mencionada la propuesta de Lawson (1991) para la enseñanza del concepto de mitosis, Smith (1991) averiguó las ideas previas de 6 estudiantes de ambos sexos de bachillerato y de universidad. Lo primero que hizo fue pedirle a cada estudiante que pasara al frente a exponer con sus propias palabras los términos genéticos relacionados con los diagramas de mitosis y meiosis escritos en la pizarra.

Después se entrevistó individualmente a cada uno sin rebasar los 90 minutos. Durante cada entrevista les presentó dos pares de cromosomas homólogos (Kinfield, 1994) y les pidió esquematizar y describir detalladamente cuando una célula pasa por mitosis y meiosis. Tanto la exposición como la entrevista se grabaron en video. Y se analizaron los resultados para detectar los problemas conceptuales que tenían en común los estudiantes (Kinfield, 1994).

La autora, con los resultados diseñó un curso propedéutico de introducción a la biología de la universidad que utilizó para enseñar a 50 estudiantes. En el transcurso de la capacitación se realizaron diagramas de la división celular como parte de una tarea y dos exámenes sorpresa (un examen parcial y otro al finalizar el curso).

Con respecto a la replicación, Smith (1991) detectó que los estudiantes visualizaban a los cromosomas no replicados en vez de estar replicados al comenzar la meiosis, en la fase de condensación. Ocasionando que el alumno se vuelva escéptico a estos temas que en un

principio no comprendió y por lo tanto, después no entenderá porque le causa confusión lo explicado por el profesor y lo revisado en un libro de texto.

En el mismo año, Sharmann (1991) publica el diseño de una estrategia de enseñanza para descubrir y evaluar los errores conceptuales más comunes en temas relacionados con las ciencias de la vida y sugiere el uso de dicha estrategia en la enseñanza de la unidad de reproducción de las angiospermas.

Dentro de las actividades propuestas por el autor, incluye los mapas conceptuales como una herramienta para revisar la unidad y como un vínculo para el cambio conceptual. Los mapas permiten sintetizar temas relacionados con las angiospermas y notificar la información de las interrelaciones necesarias para entender el tema principal en términos de estructura y función. Aquí el instructor puede usar una variedad de herramientas como son: lecturas, exposiciones en el laboratorio, discusiones, entre otras.

Luego de dos años, Zamora y Guerra (1993) reportan un estudio en donde emplearon un cuestionario de 8 preguntas para detectar las ideas previas sobre el tema de célula como la unidad de vida y las funciones que ésta realiza. Una de estas funciones analizada es la reproducción centrada en la pregunta ¿cómo las células hacen otras células?

Estos autores categorizaron las respuestas de los alumnos de bachillerato en 3 apartados, uno de ellos es el de continuidad en donde se incluye a la reproducción. Los resultados a los que llegaron son los siguientes:

Cuando se les pidió esquematizar la célula explicando sus partes, el componente que resalto fue el núcleo.

Cuando se les dijo que si ellos habían sido una célula, respondieron afirmativamente con diversas explicaciones, tales como ellos eran una célula desde su madre o desde su padre; sólo muy pocos estaban de acuerdo con la idea de que después de la unión de la célula del padre y la madre se formó la célula que ellos son.

Al pedirles qué sucedía con las células cuando crecen, ellos respondían que gradualmente desaparecen, se forman cada vez más, nacen de su cuerpo, comienzan a crecer o se distribuyen por todo su cuerpo.

Cuando se les cuestionó cómo las células realizan otros tipos de reproducción, las respuestas más frecuentes fueron que lo hacían por bipartición, fecundación, crecimiento, muerte y reproducción o por gemación después de morir para volver a vivir.

Por otro lado, Yip (1998b), examina algunas ideas previas de la reproducción humana luego de una instrucción en biología que se dio a estudiantes de bachillerato en Hong Kong. El propósito de su estudio fue contribuir con información útil para los maestros para que desarrollen estrategias de enseñanza más efectivas.

Al finalizar su investigación, el autor atribuye que la carencia encontrada en el desarrollo conceptual se debe a dos factores. El primero de ellos es que los conceptos de reproducción son presentados aislados. El segundo factor es no tomar en cuenta las ideas previas de los estudiantes antes de preparar las lecciones.

Dicha carencia según Yip (1998b), se puede dar por varias razones, entre ellas, por el uso inefectivo de estrategias de enseñanza.

Yuen y col. (1999) tratan el tema de reproducción de las angiospermas. El objetivo central fue la evaluación del entendimiento de conceptos claves tales como crecimiento y reproducción, así como, deducir las posibles causas de los problemas conceptuales en los profesores de diferentes áreas científicas (física, química y biología) de primero y segundo de secundaria en Hong Kong. A ellos se les aplicó un examen con oraciones cortas de conceptos biológicos, en donde se les pidió que indicaran si la opción es correcta, parcialmente correcta o incorrecta y en el caso de seleccionar la incorrecta tenían que fundamentar su elección.

El examen se elaboró incorporando las ideas previas de los maestros y los estudiantes que fueron extraídas de diversas fuentes: informes de biología de una certificación en Hong Kong, discusiones y observaciones en clases, lecciones de ciencia grabadas en video, exámenes desarrollados por maestros en el curso integrado de ciencia impartido en universidades locales.

La prueba se aplicó a dos grupos pilotos: el experimental, con 147 profesores y el control, con 50 maestros. El segundo grupo tomó un curso de capacitación de enseñanza en ciencia integrada, en donde revisaron las ideas previas de los estudiantes de biología.

Al parecer ese grupo no mostró dificultad en la identificación de las ideas previas debido a la capacitación para descubrir sus propias ideas previas y para hacer el intento de construir los conceptos científicos.

Los autores mencionan que la disminución en la comprensión de un tema posiblemente se deba a que el maestro se limita a la información contenida en el libro y no se enfoca profundamente en las tareas cognitivas. Según Yuen y col. (1999), la ciencia es presentada a los estudiantes con poca estimulación cognitiva, siendo menor la tasa de aprendizaje significativo en el alumno.

Los resultados obtenidos son los siguientes: el 89% de los maestros de biología fueron capaces de identificar el error conceptual en la idea “Después de la fertilización, el óvulo de una flor se desarrolla dentro del embrión de la semilla”; mientras los profesores de las otras dos áreas científicas, presentaron dificultades para distinguir entre los términos óvulo, ovario y huevo en una flor. Con respecto a la idea “Una manzana es un fruto desarrollado del ovario de una flor”, todos los biólogos puntualizaron que la manzana se desarrolla del receptáculo de la flor siendo menos los físicos (38%) y aún menos los químicos que respondieron correctamente (18%). En cuanto a la tercera idea “Los granos de polen son los gametos masculinos de las angiospermas”, todos los profesores de biología detectaron el error de esta idea, en cambio sólo el 18% de los maestros de química y 9% de física identificaron el problema conceptual.

Los encuentros de dicho estudio es posible que proporcionen información para guiar la planeación de actividades para efectuar el cambio conceptual que pueden ser en forma de lectura, talleres, seminarios o programas de autoaprendizaje.

Al comienzo del milenio, Flores y col. (2000) hacen una contribución para el tema de la célula. Ellos reportan las representaciones e ideas previas que los estudiantes de bachillerato tienen sobre la célula y sus funciones. Los alumnos correspondían al Bachillerato Colegio de Ciencias y Humanidades de edades entre los 15 y 17 años.

En las categorías que hacen los autores (Flores y col., 2000) se encuentran los niveles de análisis conceptual, y de éstos se expondrán los relacionados con la reproducción:

a) Funciones generales de la célula.

El primero, implica una visión antropocéntrica por parte de los estudiantes, en donde el hombre y otros animales macroscópicos son el punto de referencia para la construcción del modelo representacional.

El séptimo nivel, corresponde a la concepción “la reproducción celular se origina a partir de dos células”. Según los autores Flores y col. (2000), el origen de esta concepción se encuentra relacionado con la transferencia de las funciones de los animales u organismos pluricelulares que se trasladan a los procesos celulares.

Aquí, se presenta una confusión debido a que los estudiantes piensan que los animales cuya reproducción es sexual deben tener dos células para formar el nuevo ser vivo, sin distinguir entre la fecundación y reproducción celular.

El octavo, radica en que las células son iguales (en cuanto función, forma, y tamaño) en organismos simples y diferentes en los complejos. En el caso de los organismos simples (los microscópicos), se infiere que todos son iguales porque no se observan entre ellos alguna diferencia a simple vista, En cambio, los complejos (animales y plantas) tienen varias diferencias las cuales se trasladan a las células que los constituyen.

El noveno, se refiere a la distinción existente entre la reproducción celular de los vegetales y los animales. Aquí, se observa la similitud de la reproducción de las plantas y los animales con los procesos de reproducción. Un ejemplo de ello, es la asociación de la mitosis como una forma de reproducción asexual de las células vegetales.

b) *Interpretación de los procesos celulares.*

El nivel uno, menciona que los procesos de las células animales y vegetales son diferentes. Flores y col. (2000) observan una transferencia de las diferencias macroscópicas vistas en los organismos multicelulares como son plantas y animales, a las diferencias entre las células.

En el tercer nivel, no hay comprensión de los procesos de mitosis y meiosis y por lo tanto, no se señalan las diferencias entre ambos procesos.

Por lo que respecta al cuarto nivel, se piensa que las células nacen, crecen y pasan por el envejecimiento hasta su muerte.

Mientras, el quinto nivel de esta categoría considera que un organismo multicelular debe proceder de dos células o más. Aquí, no hay distinción entre la fecundación, reproducción asexual (mitosis) del cigoto, el cual según los estudiantes se compone de dos células.

Por último, el sexto nivel menciona que el núcleo regula y ejecuta todos los procesos celulares. Por lo tanto, se le delega la responsabilidad de todo el funcionamiento celular.

c) *La estructura y características espaciales de las células.*

A pesar de que aquí, se hace referencia al sexto nivel de la categoría b), Flores y col. (2000) mencionan que se desconoce que el núcleo sea el centro de la ejecución de los procesos celulares.

Por otra parte, el estudio efectuado por Chung (2000), sin especificar el nivel educativo, propone dos modelos del aparato reproductor humano (masculino y femenino) para facilitar la enseñanza del tema de reproducción y de educación sexual (métodos anticonceptivos).

Chung señala el apoyo de ambos modelos para explicar el proceso que se conduce desde la eyaculación hasta la fertilización y sugiere que durante esta explicación se le plantee al alumno las siguientes preguntas: ¿cuál parte del cuerpo de la hembra moverá el espermatozoide a partir del cerviz? ¿cuál es el destino final del espermatozoide? ¿cómo realiza este viaje el espermatozoide y dónde fertilizará el óvulo?

El mismo autor recomienda el uso de esos modelos con el propósito de que los estudiantes visualicen la reproducción en acción, además de que ellos identifiquen las estructuras reproductoras y entiendan las funciones de los órganos reproductores de ambos sexos. De esta manera los alumnos comprenderán el proceso reproductivo y cómo ambos aparatos reproductores humanos se adaptan a la copulación y a la fertilización.

Otra sugerencia hecha por Chung para los profesores es: alertar a sus alumnos en las diferencias entre los sistemas reales y los modelos expuestos, cuando comiencen a explicar la reproducción humana para evitar la formación de ideas previas en los estudiantes.

Además, el autor recomienda la utilización de modelos más representativos, esperando que los mismos alumnos contribuyan con sus sugerencias para mejorar los modelos propuestos.

Para finalizar esta recopilación de literatura científica sobre la reproducción, se encuentran Lewis y col. (2000), quienes realizaron un estudio que trataba tres conceptos biológicos: división celular (mitosis y meiosis), fertilización y reproducción sexual. El propósito de su trabajo fue discutir los procesos antes mencionados e identificar los orígenes de los problemas conceptuales para el aprendizaje de dichos eventos.

Los autores trabajaron con una muestra de 481 estudiantes de secundaria entre las edades de 14 y 16 años. Se aplicaron dos cuestionarios, uno relacionado con la división celular y otro con la reproducción y fertilización con motivo de averiguar la comprensión de:

- 1) Los procesos, propósitos y productos de la división celular que incluye la mitosis en la producción de células de la piel y la meiosis para la producción de gametos, la cual está vinculada con el siguiente punto.
- 2) El proceso de fertilización y reproducción sexual. En esta sección, se les pidió comparar el número de cromosomas en el óvulo y en el espermatozoide, así como, indicar el número de cromosomas en el cigoto, además de explicar el propósito de la reproducción sexual e indicar qué tipo de reproducción se da en las plantas.

En ambos procesos de reproducción celular, se les pidió a los estudiantes la comparación entre el número de cromosomas y la información genética en la nueva célula, así como también, la identificación del lugar del cuerpo en donde se da una y otra división celular; además de señalar si ambos procesos ocurren en las plantas.

Algunos estudiantes pensaron que la meiosis era la repetición de la mitosis. Por tal razón, se requirió de la asistencia del profesor para indicarles que ante ese conflicto volvieran a leer los dos procesos celulares.

Los resultados a los que llegaron sobre la comparación entre mitosis y meiosis fueron los siguientes:

El 59% de los estudiantes de la muestra total (481), al parecer reconocen que hay diferencias entre ambos tipos de división celular aunque la mayoría no aclara la razón de ello. Mientras tanto, el 29% no hacen distinción con respecto al número cromosómico en el cigoto.

En las respuestas referidas a las preguntas sobre información genética, el 39% distinguió las diferencias entre los dos tipos de divisiones celulares, en cambio, el 30% no lo hizo.

Por lo que respecta a la localización de ambos procesos de reproducción celular, el 36% hacen una diferencia. Aunque de esa proporción, la respuesta correcta se dirigió a un tipo de división celular (frecuentemente la mitosis); mientras, la respuesta incorrecta se relacionaba con la meiosis. Doce individuos confundieron la localización de los procesos porque la mitosis la ubicaban en las gónadas y la meiosis en los tejidos somáticos.

Con relación a las plantas, el 34% reconoce que ambos tipos de división celular ocurren en las mismas. Por un lado, el 44% identifican solamente la reproducción asexual en las plantas. Por otro lado, una pequeña proporción del 11% considera que la reproducción sexual se da en ellas.

Por lo que se refiere a los resultados obtenidos sobre la reproducción sexual y fertilización los cuales son:

El 62% del total (481) reconocen que el espermatozoide contiene el mismo número de cromosomas que el óvulo pero sin dar una razón correcta.

La mayoría (64%) respondieron correctamente la opción sobre la comprensión de la información genética y/o el número cromosómico del espermatozoide y el óvulo desde la combinación de ambos hasta la fertilización del óvulo.

Solamente, los estudiantes que desarrollaron algún entendimiento de los propósitos y mecanismos de la reproducción (sexual y asexual) fueron capaces de aceptar que la reproducción sexual podría tomar lugar en plantas.

Por otra parte, varios autores (Balls y Godsell, 1973; Longden, 1982; Kindfield, 1994) opinan que los libros de texto de genética y biología son materiales que tratan el concepto de duplicación del ADN fuera del contexto reproductivo y no aclaran, de manera verbal o ilustrada el tiempo de dicha duplicación; así como, el origen del cromosoma con dos moléculas de ADN.

De acuerdo a lo anterior, se sugiere enseñar los procesos de reproducción celular a partir del ciclo celular y ayudar a los estudiantes a desarrollar un modelo adecuado del cromosoma, además de enfatizar su papel en los modelos de mitosis y meiosis (Kindfield, 1994).

2.2 Ideas previas de los estudiantes y análisis de la estrategia en relación a los problemas conceptuales en el tema de reproducción.

Las ideas previas de los estudiantes de bachillerato reportadas en la literatura sobre el tema de reproducción, permiten localizar los problemas conceptuales de los alumnos (Valencia, 2004).

Este tipo de problemas pueden presentarse cuando se explican conceptos en los libros de texto o en la exposición realizada por los profesores. Sin embargo, la ventaja de hallar problemas conceptuales en clases, radica en su importancia para el diseño de estrategias didácticas (Flores y col., 2000).

Con la intención de mostrar con más detalle las ideas previas acerca de la reproducción y las dificultades conceptuales que en ellas se detectan, ambas se presentarán en la estrategia de enseñanza diseñada por Tovar (1998).

Las ideas previas han sido categorizadas en cinco niveles de análisis en cuanto a estructura y complejidad de los conceptos de reproducción:

Nivel 1. Reconocimiento de la reproducción como característica general de los seres vivos. Es fundamental que los estudiantes comprendan que la reproducción les permite a los seres vivos producir organismos similares a ellos; mientras que la reproducción de las células es un mecanismo de preservación estructural y funcional de un organismo multicelular. Este nivel es necesario para que los estudiantes cuenten con un marco de referencia sobre el proceso de reproducción en todos los organismos.

Nivel 2. Identificación y comprensión del tipo de reproducción sexual y asexual en organismos unicelulares (procariontes y eucariontes) y multicelulares eucariontes. Esto implica que el alumno cuente con un sistema clasificatorio que pueda aplicar a los distintos casos de reproducción sin que intervenga otro tipo de consideraciones como el nivel de los organismos o la clasificación entre animales y plantas. Además, él debe comprender que la reproducción sexual se efectúa en cualquier organismo (ser humano, animal o vegetal).

Nivel 3. Reconocimiento de la reproducción asexual y sexual en organismos multicelulares. Es necesario que los estudiantes reconozcan a la reproducción sexual como fuente de variabilidad genética y a la reproducción asexual como mecanismo de estabilidad genética que permite, entre otros procesos, el crecimiento y regeneración en organismos multicelulares. El propósito de este nivel es relacionar los distintos organismos, como el ser humano, con la reproducción asexual, la cual los alumnos consideran exclusiva de organismos inferiores.

Nivel 4. Comprensión y diferenciación de los procesos de reproducción celular mitosis y meiosis. Esto, es posible, relacionando el conocimiento de los eventos cromosómicos y sus repercusiones en la estructura y el funcionamiento de los organismos multicelulares y unicelulares. Por lo general, en este nivel, los estudiantes presentan grandes problemas conceptuales en la comprensión de los mecanismos relacionados con el comportamiento y la distribución de los cromosomas, así como sus implicaciones en la transmisión de las características hereditarias de los organismos.

Nivel 5. Identificación y comprensión de los procesos moleculares asociados con el ciclo celular. Aquí, es conveniente una representación grabada de algunas de las funciones celulares y comprensión de los modelos moleculares como el ADN y su duplicación. Este nivel es el más complejo y abstracto por las dificultades conceptuales que tienen los alumnos para construir representaciones mentales de los procesos a nivel molecular.

Las ideas previas a su vez son catalogadas en dos subcategorías:

- A. Concepciones que contribuyen a una representación adecuada de la reproducción celular.
- B. Concepciones que **obstaculizan** la comprensión de los procesos de la reproducción celular.

Por otra parte, el comprender de forma más amplia la génesis de los conceptos a través del análisis de diferentes dominios tales como el sociocultural, las investigaciones sobre ideas previas y los datos obtenidos en el aula permiten mostrar los conceptos dentro de un proceso dinámico de formación. Esto contribuye a una mejor comprensión de algunas ideas que los alumnos presentan en clases (Ribeiro y Mortimer, 2004).

Por tal razón, la estrategia de enseñanza diseñada por Tovar (1998) tiene la intención de promover activamente el cambio conceptual en los estudiantes de nivel bachillerato en cuanto a los procesos de reproducción. Para ello, dicha estrategia se basó en las ideas previas sobre la reproducción, obtenidas de la investigación de Flores y col. (2000).

Con base a lo antes establecido, a continuación se describen las ideas previas y los problemas conceptuales sobre el tema de reproducción que tienen los estudiantes de bachillerato, así como la relación de dichos problemas con las actividades sugeridas para las situaciones de cambio conceptual.

Nivel 1. Reconocimiento de la reproducción como característica general de los seres vivos.

- A. Concepciones que contribuyen a una representación adecuada de la reproducción celular.
 - Una función característica de los seres vivos es la reproducción, en la cual uno o dos progenitores producen descendientes similares a ellos (Tovar, 1998).

- El proceso por medio del cual los seres humanos tienen hijos es la reproducción (Flores y col., 2000).
 - Cuando se reproducen las células no cambian de forma (Flores y col., 2000).
- B. Concepciones que **obstaculizan** la comprensión de los procesos de la reproducción celular.
- Los seres humanos tienen descendencia por la sexualidad, siendo el óvulo, tanto el gameto como el aparato reproductor femenino; mientras, el espermatozoide, la célula que forma el aparato reproductor masculino (Flores y col., 2000).
 - Los seres humanos tienen hijos mediante la reproducción celular como es la conjugación de los dos gametos, seleccionando a los de mejores genes para dar los rasgos que son preservados y después heredados a los descendientes (Flores y col., 2000).

Problemas conceptuales:

Por lo general, los alumnos identifican a la reproducción como función general de los seres vivos (células), esto posiblemente tiene relación con los atributos que se le confiere a un ser vivo.

Sin embargo, los estudiantes confunden la reproducción con la sexualidad siendo ésta en los animales un conjunto de condiciones anatómicas, fisiológicas y conductuales que caracterizan a cada sexo dentro de una especie. La sexualidad humana no sólo implica la reproducción, sino abarca una condición psicológica y de comunicación que comienzan inconscientemente a una edad temprana para madurar y perdurar a lo largo de la vida con mayor o menor intensidad. A diferencia de las demás especies animales, la sexualidad en los seres humanos incluye una fuente de expresión de emociones y sentimientos (http://www.filosofia.tk/natureduca/index_ini.htm).

Por otra parte, a pesar de que se identifica a la conjugación como un tipo de reproducción sexual, ese concepto es mal empleado porque los alumnos lo confunden con la fecundación y, eso se puede deber a una falta de conocimiento de ambos procesos.

Actividades para la situación de cambio:

Actividad 1.

El plantear un problema de reproducción vegetativa de las enramadas del árbol de tiemblo (*Populus tremuloide*), un sólo individuo con sus múltiples troncos interconectados por un sistema común de raíces, tiene como fin prestar atención a las ideas previas expuestas por los alumnos, así como identificar la reproducción asexual como una característica de los organismos inferiores (plantas y microorganismos).

Al finalizar la actividad se obtienen las conjeturas de los alumnos sobre este hecho en el orden siguiente: individual, en equipo y finalmente grupal; siendo conveniente una discusión con una síntesis de las ideas de los estudiantes sobre dicho tipo de reproducción, y si es posible, a partir de ellas concluir de manera general sobre el concepto de reproducción en los seres vivos.

Actividad 2.

Esta actividad hace referencia a la reproducción en organismos unicelulares, la cual pretende partir del siguiente planteamiento: ¿cómo se reproducen las bacterias y protoctistas unicelulares (ciliados y / o algas)? Permitiendo con esto que los alumnos expresen sus ideas y luego se les muestra un material grabado (diapositivas, películas, etc.) sobre la reproducción de esos microorganismos para que ellos vuelvan a elaborar sus ideas pero de forma adecuada.

Dicha actividad tiene la intención de que los alumnos comprendan la similitud de la reproducción sexual en plantas y animales independientemente de las peculiaridades de cada grupo de organismos. Además, en ella se explica que la polinización es sólo un mecanismo de transporte del grano de polen, pues la fecundación es la unión de una célula masculina y una femenina, no la unión de dos aparatos o individuos como piensan los alumnos.

Actividad 3.

Se propone como actividad extraclase, la realización de una lectura, cuyo tema central sean los tipos de reproducción asexual y sexual, en la cual se presenten ejemplos de diferentes niveles de organización en plantas, animales y organismos unicelulares, que traten de enfatizar los aspectos generales que tienen en común, sin profundizar en las diferencias.

Es necesario, aclarar que la presencia de dos aparatos reproductores en un mismo individuo, no significa que tiene solamente reproducción asexual como piensan algunos alumnos, sino también tiene reproducción sexual porque ésta se caracteriza por la participación de dos células con material genético diferente.

Con las tres actividades anteriores se pretende conocer las concepciones de los estudiantes sobre la función de la reproducción en los organismos, indicando cómo sucede este proceso en diversos tipos de seres vivos.

Nivel 2. Identificación y comprensión del tipo de reproducción sexual y asexual en organismos unicelulares (procariontes y eucariontes) y multicelulares eucariontes.

A. Concepciones que contribuyen a una representación adecuada de la reproducción celular.

- La reproducción asexual se caracteriza porque sólo participa un progenitor o una célula (Tovar, 1998).
- En la reproducción sexual participan dos células o gametos (Tovar, 1998).
- La reproducción sexual en las plantas se realiza cuando el polen llega al estigma, se forma el tubo polínico y se realiza la fecundación (Tovar, 1998).
- En las flores se encuentran las estructuras reproductivas de las plantas (Tovar, 1998).
- Hay dos tipos de reproducción, la sexual y la asexual (Flores y col., 2000).
- No todas las células se reproducen igual (Flores y col., 2000).
- Los organismos unicelulares sí se reproducen (Flores y col., 2000).
- Las bacterias sólo se reproducen asexualmente (Wood-Robinson, 1994).

B. Concepciones que **obstaculizan** la comprensión de los procesos de la reproducción celular.

- Los microorganismos u organismos unicelulares como las algas, sólo se reproducen asexualmente por división celular (meiosis, bipartición, gemación y la mayoría por esporulación) para dar origen a otros (Flores y col., 2000).
- La reproducción asexual es equivalente a la multiplicación celular o mitosis y las plantas tienen este tipo de reproducción debido a que no hay contacto sexual (Tovar, 1998).
- El polen se asocia con la reproducción sexual de la planta y es como una semilla (Tovar, 1998).

- Las plantas pueden reproducirse por medio de la fotosíntesis o la intervención del ser humano (Flores y col., 2000).
- La reproducción (asexual) de las plantas es parecida a la reproducción sexual del ser humano, pues ambos, necesitan de otro organismo (Flores y col., 2002).
- Para que haya reproducción sexual tiene que haber 2 individuos y cada uno con órganos, además aquí no se identifica el aporte equitativo del material genético de los progenitores (Tovar, 1998).
- Se reconoce que el incremento de células permite el aumento de tamaño, no obstante no hay claridad en el papel de éstas en la reproducción del ser humano (Flores y col., 2002).
- Se relaciona el grosor del útero con las posibilidades de concepción (Flores y col., 2002).
- Se relaciona la concepción con la menstruación (Flores y col., 2002).
- Relación de la concepción y la ovulación con factores físicos como las etapas (en cuanto a tiempo) del ciclo menstrual y la temperatura corporal (Flores y col., 2002).
- El óvulo de la mujer con 23 cromosomas y el espermatozoide del hombre con 23 cromosomas, son células sexuales que se unen por reproducción sexual (meiosis, ovulación, conjugación o fecundación) para constituir una sola célula con 46 cromosomas diferentes que es el total que tiene un ser humano (Flores y col., 2000).
- Los animales tienen reproducción sexual (Velasco, 1991).
- Los mamíferos se reproducen sexualmente tal como los seres humanos, primero por contacto genital y después por fecundación (óvulo y espermatozoide o esperma) para finalizar con el desarrollo de un huevo alimentado por la madre (Flores y col., 2000).
- Las plantas son hermafroditas y se reproducen sexualmente, como los pinos, por polinización y fecundación de la semilla masculina (polen) y femenina (óvulo), ambas se forman de la flor o fruto (Flores y col., 2000).

Problemas conceptuales:

En cuanto a la idea previa que trata sobre los microorganismos, se detectó una falta de comprensión de las nociones de simplicidad y complejidad en los seres vivos. Así como también, se encontraron confusiones entre la división celular y la bipartición sin comprender lo que sucede en la gemación, esporulación, etc.

Aunado a lo anterior, algunos estudiantes visualizan a la gemación y esporulación como otras formas de reproducirse, pero no tienen el conocimiento de que ambas están incluidas en la reproducción asexual; además de no comprender cómo funciona cada proceso.

Por lo regular, los alumnos determinan que la reproducción se da en los no animales u organismos inferiores, agrupando con ello a las plantas, hongos y microorganismos (Okeke y Wood-Robinson, 1980; Velasco, 1991; Flores y col., 2000).

También, los estudiantes deducen los atributos de los animales y las plantas a partir de las características humanas. Además de confundir la reproducción con un proceso tan distinto como es la fotosíntesis.

Por otra parte, se detecta una confusión entre la reproducción asexual y sexual porque los alumnos piensan que dichos procesos son equivalentes en las plantas y con más razón a nivel celular. Aunque, algunos estudiantes distinguen entre ambos tipos de reproducción, sólo lo hacen a nivel organismo multicelular, tomando en cuenta si hay un contacto entre los aparatos reproductores de ambos sexos (Flores y col., 2000).

En el pensamiento de los alumnos, la reproducción sexual es conceptualizada con base en características macroscópicas descartando a los organismos unicelulares eucariontes. Esto, se debe a una confusión entre la célula procarionte y la eucarionte, debido a que los estudiantes clasifican frecuentemente a los organismos en simples y complejos, siendo la célula un organismo simple sin cambio estructural y funcional; generando así, dificultades en la comprensión del traslado de lo simple a lo complejo pues se manejan ambas aseveraciones de un modo simultáneo (Flores y col., 2000).

Antiguamente, en el siglo V se decía que los órganos sexuales tenían como función la reproducción y la eliminación de la flema sobrante, en donde la menstruación sería la purificación mensual y cuando se diera el embarazo, la flema se retendría y acumularía en el feto formando una gran masa de hema (Ledesma, 2000). En la actualidad, una posible confusión que tienen los estudiantes sobre la reproducción sexual está entre la fecundación y los mecanismos que llevan a este proceso, tales como la copulación en los animales y la polinización en las plantas (Lewis y col., 2000).

Generalmente, los alumnos suelen identificar a la fecundación como la unión de dos aparatos o individuos en vez de la unión de una célula masculina y una femenina. Al principio, ellos expresan que cada uno de los seres humanos es una célula la cual proviene de la unión de una célula madre y una del padre y finalizan con el pensamiento de la formación de un individuo complejo (Zamora y Guerra, 1993).

Lo anterior, se relaciona con la idea “un organismo debe provenir de dos células”, esto muestra una confusión entre la fecundación y la mitosis de un cigoto porque los estudiantes no comprenden que para llegar a ser un organismo multicelular se requiere de un sinnúmero de mitosis.

Por lo visto, no hay correspondencia entre la reproducción celular y la reproducción sexual de los organismos multicelulares (Flores y col., 2000). No está claro el papel de las células en la reproducción sexual; y esta dificultad proviene desde antes, pues se encontró que algunos filósofos del siglo XIII pensaban que el hombre participaba con el semen para dar la futura forma del individuo; en cambio, la mujer sólo aportaba el cuerpo (Ledesma, 2000).

Giordan (1985) reporta un pensamiento parecido en niños de primaria y secundaria (de 9 a 14 años de edad); ellos consideraban que el padre desempeña el papel más importante en la fecundación porque él deposita la semilla o esperma, entre tanto, la madre queda reducida a un receptáculo. Una analogía que puede inducir a que los alumnos consideren la visión anterior es: “el padre es quién fabrica por completo al niño mientras la madre sólo lo desarrolla, alimenta y protege hasta su nacimiento” (Giordan, 1985); o “el trabajo del carpintero y la madera (materia o cuerpo)”, siendo el carpintero el hombre y por consiguiente la madera, la mujer (Ledesma, 2000).

Otra dificultad encontrada, fue la de no identificar el aporte equitativo de información que dan ambos progenitores a los descendientes ya que el propósito de la reproducción sexual es aumentar la variación genética (Wood-Robinson y col., 2000). Esto conlleva a un desconocimiento en el papel de la meiosis ya que a este proceso se le considera para mantener constante la información genética después de la fecundación (Flores y col., 2000).

Otro problema conceptual es el desconocimiento de que el polen lleva los gametos masculinos y éstos son los que van a fecundar los óvulos que darán lugar a las semillas. Así como, no se reconoce a la polinización como un factor inicial para llegar a la reproducción sexual en las plantas, sino más bien se identifica a dicho mecanismo como un elemento para empezar la reproducción asexual (Okeke y Wood-Robinson, 1980; Flores y col., 2000; Lewis y col., 2000). Además, los alumnos muestran una falta de conocimiento sobre el origen y la

formación de la semilla (Lewis y col., 2000). También hay un desconocimiento en la formación del fruto a partir de la flor y la naturaleza de los granos de polen, entre otros conceptos, los cuales son básicos y por ello son un prerrequisito para el entendimiento de los más complejos (Yuen y col., 1999).

Por tal razón, en las plantas no se distinguen los procesos sexuales ni las estructuras que participan (Flores y col., 2000).

Por lo visto, no está clara la función de reproducción que realiza la célula, pues en los alumnos hay una incapacidad de establecer representaciones abstractas sobre dicho proceso, así como, las estructuras de organelos que en él participan. Esto, implica que sólo se comprendan parcialmente dichas representaciones porque éstas no son articuladas dentro de una visión general (Flores y col., 2000).

Actividades para la situación de cambio:

Actividad 4.

La realización de un experimento sugerido sobre la reproducción sexual en la lombriz de tierra es conveniente para identificar los órganos reproductores (masculinos y femeninos) en un sólo organismo. La discusión sobre las características de la reproducción sexual ayudará a concluir que dicha reproducción no implica la presencia de un órgano para cada individuo sino puede ser hermafrodita.

Debido a que la lombriz tiene ambos órganos reproductores, este ejemplar es adecuado para explicar cómo ocurre la fecundación. Aclarando que la participación de dos células genéticamente diferentes es lo que caracteriza a la reproducción sexual, debido a que los alumnos piensan que si un ser vivo es hermafrodita, entonces, tiene reproducción asexual por la presencia de ambos aparatos reproductores.

Actividad 5.

Aquí, se sugiere una actividad experimental para la reproducción sexual en plantas con flores. Esta experiencia tiene por motivo la observación de los órganos reproductores en las flores para identificar las plantas unisexuales y las hermafroditas; resaltando que las segundas también presentan reproducción sexual aunque tengan los dos aparatos reproductores en el mismo organismo.

Es importante que los alumnos comprendan la similitud de la reproducción sexual tanto en plantas como en animales, independientemente de sus características propias. Además, aclarar que la polinización sólo es una forma de transporte de los granos de polen y no es la fecundación, pues en ésta están involucradas dos células con información genética distinta; sin embargo, los estudiantes llegan a pensar que la fecundación es la unión de dos aparatos reproductores.

Actividad 6.

La proyección de un material grabado o de diapositivas que muestren las estrategias de las plantas con flores para llevar a cabo la polinización, ayudará a los alumnos a conceptualizar que tanto los polinizadores como el viento o el agua que transportan el polen garantizan la reproducción sexual. Es conveniente, aclarar la importancia de la polinización pues los estudiantes pueden asociar la participación de insectos, aves o murciélagos en ese proceso con la cópula que se da en algunos animales. Además de mostrar la reproducción sexual en algunos animales que tienen fecundación externa ayuda a comprender que aquí no es necesaria la copulación. Como actividad extraclase se recomienda resolver una guía y elaborar un mapa de conceptos.

Actividad 7.

La proyección con diapositivas permite visualizar a la reproducción sexual en bacterias y en protoctistas unicelulares (los cuales pueden ser ciliados y/o flagelados y *Chlamydomonas*). Durante la misma proyección se recomienda formular preguntas a los alumnos sobre los procesos observados para que de este modo emerjan las ideas previas sobre la ausencia de reproducción sexual a nivel celular. Las preguntas pueden orientarse hacia la identificación de la célula como organismo independiente capaz de reproducirse sexualmente; destacando que la célula que constituye un organismo unicelular puede funcionar como gameto.

Actividad 8.

Para facilitar la identificación rápida de los problemas conceptuales y evaluar alguna transformación conceptual, se sugiere la elaboración de un mapa conceptual indicando sólo el concepto central (la reproducción). Para ello, se les proporciona los círculos y flechas para que ubiquen los conceptos y así, establezcan las palabras de enlace. Después, cada alumno

presentará frente al grupo su mapa conceptual y durante la exposición del mismo pueden aclararse las confusiones que se presenten.

Las cinco actividades descritas con anterioridad pretenden indagar las concepciones que tienen los alumnos sobre la reproducción sexual y asexual. A partir de las mismas, se proponen acciones como la identificación de estructuras reproductoras en plantas y en animales hermafroditas con el propósito de cuestionar las ideas previas sobre organismos que puedan presentar uno u otro tipo de reproducción. Es importante, tomar en cuenta la identificación de las dos formas de reproducción en unicelulares tanto procariontes como eucariontes.

Nivel 3. Reconocimiento de la reproducción asexual y sexual en organismos multicelulares.

A. Concepciones que contribuyen a una representación adecuada de la reproducción celular.

- El óvulo y el espermatozoide son células que participan en la reproducción sexual (Tovar, 1998).
- En los organismos multicelulares la célula huevo se reproduce por mitosis sucesivas (Tovar, 1998).
- La regeneración o reemplazo de las células en los organismos multicelulares se realiza por mitosis (Tovar, 1998).
- Las células de reemplazo deben ser iguales a las células que van a reemplazar (Tovar, 1998).
- El origen de una célula es otra célula (Dreyfus y Jungwirth, 1988).
- Todas las células de un organismo tienen la misma información genética (Wood-Robinson y col., 2000).

B. Concepciones que **obstaculizan** la comprensión de los procesos de la reproducción celular.

- Los organismos macroscópicos no provienen de una sola célula porque son multicelulares, sólo se reproducen asexualmente para tapar el espacio vacío que dejan las células muertas (Tovar, 1998).
- En la regeneración de las células nuevas al principio son diferentes y después se hacen iguales a las demás porque envejecen o crecen (Tovar, 1998).

- Antes de morir, las células ayudan en el nacimiento de otras (Flores y col., 2000).
- Los organismos multicelulares son autosuficientes porque mediante la mitosis, la cual se realiza en todo tipo de células, son formados y regenerados los tejidos como es la piel cuyas células son más pequeñas (Flores y col., 2000).
- La información genética sólo se transmite durante los eventos relacionados con la reproducción sexual (Flores y col., 2002).
- Las células crecen hasta que reciben la orden del cerebro de parar o bien crecen dependiendo del desarrollo del organismo al que pertenecen (Flores y col., 2002).

Problemas conceptuales:

Con respecto a este nivel de análisis, puede encontrarse que no hay comprensión de la reproducción asexual como un mecanismo para alcanzar la multicelularidad a partir de una célula en organismos como el ser humano, entre otros animales y las plantas.

Una dificultad conceptual identificada es el desconocimiento sobre el proceso de regeneración celular que se realiza en las células somáticas. La mayoría de los estudiantes creen que las células contienen solamente la información genética que necesitan para efectuar su función, y no hacen una distinción con respecto a la presencia de la misma en células somáticas y gaméticas. Esto, radica posiblemente en la visión que tienen los alumnos de no relacionar la división celular con la transmisión hereditaria sino sólo la reconocen cuando pasa de padres a hijos, lo cual implica un desconocimiento de la célula, en sí (Banet y Ayuso, 1995).

Por otra parte, el pensamiento de los alumnos se limita a que las células mueren con el propósito de originar otras más no por el fin de preservar el mantenimiento multicelular del organismo.

Lo anterior, se puede confirmar con la idea previa que se citó en Zamora y Guerra (1993): "Cuando ellas mueren, una cicatriz se forma y ellas nuevamente viven". Al parecer, dicha idea muestra una visión macroscópica porque cuando hay una herida en algún tejido animal o vegetal, aquélla es reparada por reproducción celular, en donde algunas células mueren pero otras se reproducen para tomar su lugar (regeneración).

Por otra parte, los alumnos piensan que al inicio de la regeneración de los tejidos, las células nuevas son distintas pues son jóvenes, fuertes y tienen diferente información genética y apariencia; sin embargo, dichas células llegarán a ser iguales porque tendrán un proceso de envejecimiento o crecimiento.

Otras ideas que se presentan en los estudiantes son: “Cuando ellas se parten ellas mueren, pero dos son formadas y viven por siempre” (Zamora y Guerra, 1993); y, “una célula nueva es producida por una vieja que continuará existiendo después de la formación de la nueva” (Smith, 1991).

La interpretación generalizada de ambas ideas es la siguiente: primero se mueren, después tienen un proceso de bipartición en donde muere la célula original, en vez de que el estudiante tome en cuenta la transformación de la misma en dos células iguales, él piensa que nunca muere la célula madre.

Lo anterior, puede ser por el desconocimiento del proceso de mitosis en organismos multicelulares; o tal vez, por la confusión de dicho proceso con otros mecanismos de reproducción asexual, en este caso, la bipartición.

Actividades para la situación de cambio:

Actividad 9.

Se propone como actividad extraclase, la realización de una lectura sobre el crecimiento y la regeneración de tejidos en el hombre y en otros organismos multicelulares para conocer el papel de la reproducción celular por mitosis en ambos procesos. Debido a que muchos alumnos piensan que la reproducción asexual no está relacionada con organismos macroscópicos y menos con el hombre, es necesario, insistir en la mitosis como un tipo de reproducción celular asexual que se presenta en todo organismo multicelular.

Actividad 10.

Proyectar un material grabado o de diapositivas acerca de la reproducción en el hombre cuyo título es: “De la fecundación al desarrollo embrionario en el hombre”. Aquí, es preciso acordarse de las confusiones que los alumnos presentaron en los conceptos: gametos, cópula, fecundación, y los procesos que se dan antes y después de ésta. Así mismo, es conveniente enfocar las preguntas del cuestionario hacia la participación de las

células en la fecundación y cómo es alcanzada la multicelularidad a partir de un sola célula en organismos tales como el hombre, otros animales y las plantas.

Actividad 11.

Tanto los experimentos de regeneración en animales macroscópicos (planaria) como los de crecimiento en plantas (frijol), ayudan a resaltar la importancia de la reproducción asexual de las células para el mantenimiento multicelular, así como también destacar las semejanzas de la regeneración en plantas y en animales.

Las actividades descritas sobre crecimiento y regeneración permiten la identificación de las ideas previas en la reproducción celular de un mismo organismo, al igual que la propuesta de problemas y acciones que lleven a la observación e interpretación de los procesos en donde ocurre la reproducción asexual. Además, estas actividades dan lugar a que se establezca un marco conceptual para que el alumno pueda integrar los problemas conceptuales de situaciones anteriores.

En cuanto a las formas de reproducción y a las características que poseen los organismos producidos, dichas actividades ayudan a conocer las ideas previas sobre las características que tienen los organismos como resultado de la reproducción sexual o asexual en términos de su herencia. Así como, proponen situaciones en donde se analice la regeneración celular de los organismos multicelulares. También es importante, la asociación de aspectos genéticos al nivel de características hereditarias y el desecho de ideas sobre los tipos de reproducción en función del nivel de organismos.

Nivel 4. Comprensión y diferenciación de los procesos de reproducción celular mitosis y meiosis.

A. Concepciones que contribuyen a una representación adecuada de la reproducción celular.

- La presencia del huso y los movimientos (alineamiento y separación) de los cromosomas se presentan en la mitosis y en la meiosis (Tovar, 1998).
- La mitosis y la meiosis consisten en una secuencia específica de eventos (Tovar, 1998).

- En la mitosis las dos células que resultan tienen el mismo número de cromosomas que la célula original y en la meiosis se originan cuatro células de una célula y tienen el número cromosómico reducido a la mitad (Tovar, 1998).
- Las células que se producen de la meiosis son diferentes porque en ellas se presenta la recombinación de material genético (Tovar, 1998).

B. Concepciones que **obstaculizan** la comprensión de los procesos de la reproducción celular.

- La división celular se lleva a cabo en todas las células (Flores y col., 2002).
- Al dividirse las células distribuyen la información hereditaria (Flores y col., 2002).
- Las células de un mismo organismo tienen funciones distintas por lo tanto, tienen diferente información genética (Flores y col., 2002).
- La información que tienen las células somáticas es distinta a la que tienen las células germinales, ya que las primeras necesitan información para llevar a cabo su función y las segundas información para desarrollar un organismo (Flores y col., 2002).
- La división por gemación (que puede formar las células sexuales), consiste en el rompimiento de una parte de la membrana nuclear de la célula madre y la información pasa a la célula hija (Flores y col., 2000).
- El cigoto se divide por un tipo de endomitosis (Flores y col., 2000).
- La mitosis y meiosis son procesos de división celular distintos porque se llevan a cabo en tejidos diferentes y las células que resultan de ambos procesos tienen una función distinta (Flores y col., 2002).
- La mitosis y meiosis se conforman de fases (Flores y col., 2000).
- El producto de la mitosis y meiosis son dos células (Flores y col., 2000).
- No se diferencian los conceptos de mitosis y meiosis (Tovar, 1998).
- Durante la mitosis se describen los siguientes eventos: transformación del núcleo o ADN en aparato mitótico dentro del citoplasma, duplicación y separación de cromosomas, división de la pared celular, desaparición de la membrana y transformación del huso en el núcleo, dos células hijas con sus respectivos núcleos que tienen la misma o diferente información genética que la célula madre y la distribución equitativa o no de los organelos (Flores y col., 2000).

- Se concibe a la mitosis como una bipartición, multiplicación celular, ésta es considerada como una división sin procesos anteriores, sólo se separan las células como ocurriría en un material homogéneo (Tovar, 1998).
- La mitosis se realiza por reproducción asexual, bipartición, gemación, esporulación (Flores y col., 2000).
- La célula se divide por mitosis, un tipo de reproducción asexual, en el cual sólo participa una célula con determinado número de cromosomas (Flores y col., 2000).
- La meiosis es otra forma de reproducción celular y al final resultan cuatro gametos (óvulos o espermatozoides) que no son iguales porque cada uno tiene la mitad de cromosomas que la célula original (Flores y col., 2000).
- En otro tipo de células, antes de iniciar la meiosis hay duplicación de cromosomas y como resultado cada célula tiene la misma información que la original (Flores y col., 2000).
- En la meiosis las células que se forman son diferentes (Tovar, 1998).

Problemas conceptuales:

Por lo regular, los estudiantes presentan errores conceptuales con respecto a la transmisión de información genética, debido a que los alumnos no mencionan explícitamente la importancia de los cromosomas en la transferencia de dicha información de célula a célula y de individuo a individuo (Wood-Robinson y col., 1998).

Generalmente, no se identifica a la división celular con el proceso de reproducción por una falta de comprensión o desconocimiento de la importancia del aparato del huso en la distribución equitativa de cromosomas en las células eucariontes (Flores y col., 2000).

Durante la división celular, la mayoría de los alumnos tienen poca capacidad para relacionar los cromosomas y la información genética; además, unido a esto, el uso contradictorio de la terminología ocasiona que ellos presenten dudas para describir los procesos de la división tales como: dividir, replicar, copiar, separar, distribuir, reproducir y multiplicar. Lo cual repercute en las relaciones célula-cromosoma, cromosoma-información genética, porque los cromosomas son distribuidos pero no copiados durante la división celular (Lewis y col., 2000; Lewis y Wood-Robinson, 2000). Por lo tanto, no hay una fácil distinción entre la división celular y la fecundación (Lewis y col., 2000).

En cuanto a la interpretación de los procesos de mitosis y meiosis, ésta no resulta relevante para los estudiantes, porque hay una falta de comprensión de los propósitos y procesos de la división celular, pues ésta no se relaciona con la continuidad de la información genética (Lewis y col., 2000).

Por lo visto, es deficiente el entendimiento de los conceptos de mitosis y meiosis, así como de sus semejanzas y diferencias (Flores y col., 2000). Además, puede suceder que los alumnos sólo reconozcan a la mitosis porque piensan que la meiosis es la repetición de la mitosis (Lewis y col., 2000).

Aunque, los estudiantes llegan a distinguir entre los dos procesos de división celular, pocos comprenden el significado de esas diferencias pues suele pasar que los alumnos confundan la mitosis con la bipartición tal y como se muestra en la idea “Ellas se parten a la mitad” (Zamora y Guerra, 1993).

Al comienzo de la meiosis, en el evento de condensación de cromosomas, los estudiantes visualizan a los cromosomas no replicados en vez de los replicados; lo cual puede ser consecuencia de los esquemas presentados en los libros. Esto, ocasiona posiblemente que los alumnos se vuelvan escépticos a los conceptos que en un principio no comprendieron y que más tarde ocasionarán confusiones entre lo explicado por el profesor y lo revisado en un libro de texto (Smith, 1991).

Lo anterior, da a conocer que existe un límite en la comprensión de los procesos de mitosis, meiosis y fecundación, acompañado de una carencia para relacionar los cromosomas y la información genética (Hackling, 1982). Dificultando con ello que los estudiantes entiendan la interpretación de la información genética dentro de un organismo para el desarrollo de características específicas (Lewis y Wood-Robinson, 2000).

Algunos autores, declaran que en los estudiantes se presenta una dependencia hacia la memorización de la meiosis, en vez de apreciar los eventos cromosómicos y su importancia en la meiosis. Tal vez, esto se deba a que los mismos profesores fomentan esta situación (Longden, 1982; Brown, 1990; Smith, 1991; Kindfield, 1991).

Actividades para la situación de cambio:

Actividad 12.

Aplicación de un cuestionario previo a la clase acerca de los eventos que se presentan en la mitosis; las preguntas deben hacer referencia a la concepción de mitosis como un proceso que garantiza la distribución equitativa del material genético. Después es recomendable discutir las preguntas con respecto a los procesos celulares de reproducción. Finalmente, es conveniente destacar la importancia de los eventos tanto en el citoplasma como en los cromosomas, y así evitar la insistencia en las fases.

Actividad 13.

La realización de una actividad experimental sobre mitosis tal como la observación de la misma en el crecimiento de raíces vegetales (cebolla), en la cual se efectuó un vínculo entre esta actividad y las anteriores para resaltar la relación con la reproducción asexual, mitosis, crecimiento y regeneración. Si es posible, hacer observaciones de preparaciones permanentes de mitosis tanto en plantas como en animales.

Actividad 14.

Proyectar un material grabado, de diapositivas o en su caso, de acetatos para observar los eventos citoplasmáticos y cromosómicos más importantes durante la mitosis, insistiendo en los eventos que garantizan la distribución equitativa de los cromosomas en la formación de dos células hijas idénticas a la célula progenitora.

Actividad 15.

La elaboración de un modelo tridimensional de la mitosis por parte de los alumnos, les permitirá representar los eventos principales que suceden durante dicho proceso para que ellos conceptualicen a la mitosis como un proceso dinámico y tridimensional. Aquí, es pertinente, supervisar que la duplicación de los cromosomas suceda antes del inicio de la mitosis, además de representar la desorganización de la membrana nuclear, la presencia de huso mitótico, el apareamiento y separación de los cromosomas; insistiendo que las células resultantes son más pequeñas pero que éstas crecerán en etapas posteriores. Así como, cuestionar con ello la posibilidad de que la mitosis sea una simple bipartición argumentando las ventajas y desventajas de la misma; además de insistir que la mitosis es un tipo de reproducción celular no solamente una división.

Actividad 16.

Para facilitar la identificación rápida de los problemas conceptuales y evaluar alguna transformación conceptual, se sugiere la elaboración de un mapa conceptual indicando sólo el concepto central (la mitosis). Para ello, se les proporciona los círculos y flechas para que ubiquen los conceptos y así, establezcan las palabras de enlace. Durante la exposición de los mismos pueden aclararse las confusiones que se presentan.

Actividad 17.

El planteamiento de un problema hipotético sobre la ausencia de meiosis es pedirles a los alumnos las conjeturas acerca de qué sucedería si ese hecho es compatible con la vida de los organismos. Las respuestas a considerar serán analizadas en el siguiente orden: individual, en equipo y finalmente, en grupo.

El profesor no debe intervenir dando las respuestas porque los estudiantes deben pensar en las consecuencias de una falta de reducción de los cromosomas, antes de realizarse la reproducción sexual.

Actividad 18.

Tiene un vínculo con la **Actividad 5** la cual se relaciona con la reproducción sexual en plantas con flores. Sin embargo, en esta actividad se propone realizar un experimento en el cual se pueda observar la meiosis en esporocitos de anteras, identificando a dicho proceso como la forma de reproducción asexual de las células que van a originar a los gametos (en este caso, las células espermáticas). La comprensión de la meiosis es indispensable para entender la reproducción sexual pues los alumnos piensan que la meiosis es un tipo de reproducción sexual más que asexual.

Si hay posibilidad, la observación de preparaciones permanentes de meiosis en plantas y animales será de ayuda para la identificación de los cromosomas, definiendo el evento en qué se encuentran (apareamiento o separación) y cómo se llegó a determinar esta condición.

Es preciso, resaltar que los gametos son células que participan en la reproducción sexual por lo que no se requiere necesariamente de órganos especializados o de la cópula. Por tal razón, se sugiere dar ejemplos de organismos unicelulares, almejas y algunos peces que tienen fecundación externa.

Actividad 19.

Proyectar un material de grabación, diapositivas o de acetatos sobre la meiosis con la finalidad de observar los eventos más importantes durante la misma.

Se sugiere insistir en los eventos que garantizan la reducción del número de cromosomas de las cuatro células hijas en comparación con el número cromosómico de la célula progenitora. Los eventos son: duplicación de cromosomas (la cual se da antes de iniciar la meiosis), desorganización de la membrana nuclear, aparición del huso meiótico, apareamiento de los cromosomas, no duplicación del centrómero y como consecuencia la no separación de las cromátidas hermanas, separación de cromosomas homólogos y formación de dos células, ausencia de interfase, inicio del huso meiótico, división del centrómero, separación de cromosomas a los polos y división de cada célula en dos células con el número de cromosomas reducido a la mitad.

Es conveniente, evitar el uso de los nombres de las fases de la meiosis, pues lo importante es que los alumnos comprendan la secuencia de los eventos que se dan en la célula para la redistribución del material genético en las células resultantes.

Una vez que los estudiantes comprendieron los eventos antes descritos, entonces, se explica el entrecruzamiento.

Actividad 20.

La elaboración de un modelo tridimensional de la meiosis por parte de los alumnos, les permitirá representar los eventos principales que suceden durante dicho proceso para que ellos conceptualicen que la meiosis es un proceso dinámico y tridimensional. Es pertinente, supervisar que la duplicación de los cromosomas suceda antes del inicio de la meiosis, además de representar la desorganización de la membrana nuclear, la presencia de huso meiótico, el apareamiento y separación de los cromosomas; ausencia de interfase entre la primera y segunda división meiótica, insistiendo que son cuatro las células resultantes.

Una vez entendido lo anterior, es recomendable recapitular y revisar qué eventos de la meiosis son similares a la mitosis. Para esto, se propone la elaboración de un cuadro comparativo de ambos procesos para que el alumno identifique de manera clara las semejanzas y diferencias.

Actividad 21.

La utilización de un programa de cómputo interactivo de meiosis ayudará al alumno a observar la simulación de este proceso, simplificando el seguimiento exclusivo de los cromosomas.

Si hay disponibilidad de computadoras se puede trabajar de manera individual o en su caso, de forma grupal, proyectando el programa en una pantalla; durante el mismo, el profesor puede cuestionar a los alumnos sobre el número de cromosomas de las células progenitoras y para que ellos vayan identificando cada evento, en la simulación.

Si es necesario, parar durante la simulación para solicitar a los estudiantes las predicciones sobre el tipo de gametos que se forman o las características de los descendientes de una pareja particular. Al continuar la simulación, verificar las predicciones analizando las diferentes explicaciones generadas en las cuales se detectan problemas conceptuales.

Actividad 22.

La realización de ejercicios sobre meiosis estimula a los alumnos a usar modelos para razonar acerca de dicho proceso. Un modelo a sugerir es utilizando clips de colores que representen 2, 3 o 4 pares de cromosomas de una célula madre de óvulos o espermatozoides, duplicando los cromosomas y representando con secuencias de clips de un solo color a un cromosoma y su duplicado; durante la primera división meiótica se realiza el apareamiento de cromosomas homólogos y la separación de los mismos. Posteriormente, durante la segunda división meiótica se analizan cómo se dan los eventos de apareamiento/separación de los cromosomas, cuántas células resultan y con cuántos cromosomas queda cada una.

Finalmente, los alumnos pasan a explicar sus modelos y así, se discuten con todo el grupo para analizar los errores conceptuales. Si al concluir el ejercicio, el profesor detecta que se entendió claramente la meiosis, entonces, puede representarse el evento de entrecruzamiento con los mismos clips de colores.

Actividad 23.

Para facilitar la identificación rápida de los problemas conceptuales y evaluar alguna transformación conceptual, se sugiere la elaboración de un mapa conceptual indicando sólo el concepto central (la meiosis). Para ello, se les proporciona los círculos y flechas para que

ubiquen los conceptos y así, establezcan las palabras de enlace. Durante la exposición de los mismos pueden aclararse las confusiones que se presentan.

Las actividades anteriores proponen acciones para comprender los procesos celulares de reproducción en diversos niveles como: el de laboratorio (crecimiento de raíces de cebolla y meiosis en esporocitos de anteras), observacional (películas o fotografías de mitosis y meiosis), y de manipulación (modelos y programas de cómputo interactivo).

También, la relación de los procesos de mitosis y meiosis con las ideas previas de los alumnos, permite llevar a cabo actividades que integren las explicaciones y sus predicciones anteriores de una manera más global.

Por otro lado, esas actividades ayudan al análisis de los aspectos genéticos de los procesos de mitosis y meiosis siendo conveniente, abordar el entrecruzamiento hasta que se comprenda el proceso de meiosis.

Nivel 5. Identificación y comprensión de los procesos moleculares asociados con el ciclo celular.

- A. Concepciones que contribuyen a una representación adecuada de la reproducción celular.
- En los cromosomas se encuentra el ADN que es el material genético (Tovar, 1998).
- B. Concepciones que **obstaculizan** la comprensión de los procesos de la reproducción celular.
- El núcleo es el organelo donde se lleva a cabo la reproducción (Tovar, 1998).
 - El núcleo celular controla, regula y supervisa los procesos y funciones de la célula de la misma forma que el cerebro actúa sobre el cuerpo (Flores y col., 2002).
 - Los cromosomas sólo intervienen en la reproducción y son la mitad masculinos y la mitad femeninos (Tovar, 1998).
 - Las células que no son sexuales no tienen cromosomas (Tovar, 1998).
 - En los procesos de división celular (meiosis y mitosis) los cromosomas y la información genética sufren una serie de alteraciones o modificaciones, tales como duplicarse, dividirse, etc (Flores y col., 2002).
 - Durante la interfase la célula no realiza ningún proceso (Tovar, 1998).

- La interfase es una fase de reposo que integra el ciclo celular e inicia al finalizar la mitosis que tiene diferentes fases, así como la metafase o anafase en donde hay duplicación de los cromosomas (Flores y col., 2000; Flores y col., 2002).
- El DNA y el RNA son semejantes y realizan la misma función (Tovar, 1998).

Problemas conceptuales:

A nivel molecular, también se presentan problemas conceptuales los cuales pueden dificultar el aprendizaje de conceptos como son: los procesos de reproducción celular antes mencionados.

La transferencia de las funciones macroscópicas (cerebro sobre el cuerpo) hacia los procesos celulares en donde el núcleo será equivalente al cerebro, es un obstáculo conceptual que suele presentarse en los estudiantes.

Los problemas más frecuentes dentro de la mitosis son: integrar a la duplicación de ADN en la mitosis y no saber qué sucede en cada etapa de la interfase (Balls y Godsell, 1973). Esto posiblemente se deba a un desconocimiento o a la ignorancia de las etapas del ciclo celular y las actividades que se realizan dentro de las mismas (Balls y Godsell, 1973; Flores y col., 2000).

Generalmente, los alumnos identifican a la interfase como una fase de reposo o inactiva sin conocer cuándo se duplican los cromosomas. Además, hay una atención insuficiente hacia la enseñanza de cada una de las fases de la interfase del ciclo celular somático, así como, a la diferenciación de esas con las que corresponden a la mitosis (Balls y Godsell, 1973).

Por lo regular, los estudiantes ignoran la naturaleza de la estructura de los cromosomas y sus transformaciones durante los dos procesos de reproducción celular, así como también no los ubican dentro de la célula. Tal vez, el término de cromosoma resulta desconocido para ellos; esto, puede repercutir al explicar la desorganización y organización de la membrana nuclear durante la mitosis y meiosis.

Lo anterior, tiene su posible origen en el desconocimiento de la estructura celular (Banet y Ayuso, 1995). Además, los estudiantes confunden las funciones del ADN y ARN porque tienen una falta de conocimiento sobre la función y localización de cada ácido nucleico en la célula (Flores y col, 2000). Esto, es probable porque no existe una representación adecuada de la función que desempeña el material genético en el diseño de los seres vivos.

Los alumnos interpretan posiblemente los términos utilizados en clase de manera diferente tales como la información genética y los cromosomas (Banet y Ayuso, 1995; Wood-Robinson y col., 2000). Sin embargo, ellos no relacionan ambos términos con los seres vivos y, a pesar de que los estudiantes reconocen a los cromosomas, ellos no identifican la presencia de información genética dentro de los mismos (Banet y Ayuso, 1995).

Finalmente, es importante relacionar los cromosomas, las células y todo el organismo para lograr comprender cómo es la transferencia de información genética y cómo está involucrada en la totalidad de un ser vivo (Wood-Robinson y col., 1998).

Actividades para la situación de cambio:

Actividad 24.

Se propone como actividad extraclase, la realización de una lectura sobre el ciclo celular en eucariontes, la cual pretenda ubicar a la mitosis y meiosis dentro del ciclo celular; vinculando de modo claro el crecimiento de la célula en G1 de la interfase, así como enfatizando en la fase S la duplicación de material genético. Esta fase, es preciso abordarla de manera separada de la mitosis porque con frecuencia los alumnos no saben que la duplicación de ADN es previa a ambos procesos de reproducción celular y como consecuencia se generan errores conceptuales.

Debido a que la interfase es vista como fase de reposo, se recomienda resaltar claramente que durante esta fase hay una síntesis de proteínas y actividades fisiológicas realizadas por la célula.

Además, lo importante es destacar los eventos más relevantes en la interfase más que insistir en las fases que la constituyen.

Se sugiere la elaboración de una guía de lectura que rescate los aspectos fundamentales del ciclo celular para que los alumnos los identifiquen. Con el apoyo de diapositivas o acetatos se pueden analizar las respuestas de la guía.

Actividad 25.

Proyectar un material de grabación, diapositivas o de acetatos, en donde se observen los modelos de la duplicación del ADN; prestando especial atención a la duplicación de ADN y a la manifestación duplicada de los cromosomas durante los procesos de reproducción celular mitosis y meiosis porque un número considerable de alumnos piensan que dichos

procesos son simples biparticiones que no se vinculan con el ADN. Además, es frecuente que ellos no comprendan que los cromosomas están constituidos de ADN.

Actividad 26.

Se propone como actividad extraclase, la realización de una lectura sobre la estructura del ADN de Watson J. y F. Crick (1953), cuyo título es: "Estructura molecular de los ácidos nucleicos". Resulta importante mencionar que dicha lectura no se limita a la descripción molecular, sino también en ella tiene lugar una visión histórica, así como, un impacto en el campo de la ingeniería genética y la biotecnología.

Actividad 27.

La realización de un experimento en donde se observen los cromosomas de animales los cuales para algunos alumnos son inferiores como lo es *Drosophila*, permitirá relacionar los temas de reproducción celular, cromosomas y ADN; destacando con ello la duplicación de ADN y la aparición de cromátidas hermanas en los cromosomas metafásicos.

Actividad 28.

La utilización de un programa de cómputo interactivo donde se presentan modelos de ADN, ayudará a los alumnos a manejar en ellos la replicación de material genético. Además, en esas representaciones se simplifica la estructura molecular del ADN y se presentan las moléculas de manera sencilla, en donde los estudiantes pueden intervenir en la selección de bases nitrogenadas complementarias. Estas esquematizaciones son útiles para construir una representación mental de la duplicación de ADN.

El cuestionar con preguntas adecuadas a los alumnos durante el programa de cómputo, será de utilidad para que ellos construyan las relaciones generales entre el nivel molecular (ADN), supramolecular (cromosomas, cromátidas hermanas) y celular (de organismos unicelulares y multicelulares).

Actividad 29.

Para facilitar la identificación rápida de los problemas conceptuales y evaluar alguna transformación conceptual, se sugiere la elaboración de un mapa conceptual indicando sólo el concepto central (ciclo celular). Para ello, se les proporciona los círculos y flechas para que ubiquen los conceptos y así, establezcan las palabras de enlace. Durante la exposición de los mismos pueden aclararse las confusiones que se presentan.

Las actividades descritas con anterioridad son de utilidad para que el alumno integre la reproducción celular como parte del ciclo de vida de una célula, destacando y analizando de manera general, los procesos moleculares que son previos a la reproducción: la síntesis de proteínas que propicia el crecimiento celular y la duplicación de ADN.

Una vez finalizada la estrategia didáctica, es conveniente aplicar un examen de varias preguntas y respuestas (**Actividad 30**), atendiendo fundamentalmente a los procesos celulares y su participación en el desarrollo y funcionamiento de los organismos unicelulares y multicelulares (considerando al ser humano). El examen es con el propósito de detectar la modificación de las ideas previas en los alumnos, además de identificar los conceptos que presentan problemas para su comprensión.

CAPÍTULO 3

3.1 Metodología

La tesis se elaboró en el Laboratorio de Pedagogía Cognitiva y Enseñanza de las Ciencias del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico y en la Secretaría de Servicios de Apoyo al Aprendizaje de la UNAM, realizando las siguientes actividades:

- Revisión bibliográfica de artículos en revistas que tratan de la Enseñanza de las Ciencias sobre cambio conceptual y conceptos relacionados con la reproducción.
- Antes de proceder a la aplicación de la estrategia didáctica se realizó una prueba en una muestra de estudiantes de bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur.

La estrategia diseñada por Tovar (1998) se basó en los resultados obtenidos de la investigación de Flores y col. (2000). Dicha estrategia se aplicó a dos grupos de 5º. Semestre de bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel-Sur, considerando dos grupos controles para efectuar la posterior validación de dicha estrategia en cuanto a la promoción del cambio conceptual.

3.1.1 Diseño de pruebas

Para detectar si existió modificación de las ideas previas en los alumnos es importante aplicar una prueba sobre el tema de reproducción en los seres vivos (Actividad 30) que tome en cuenta los procesos celulares y cómo éstos impactan en el desarrollo y funcionamiento de los organismos unicelulares y multicelulares, incluyendo el ser humano dentro de esta última categoría.

El instrumento de medición consistió de un cuestionario que tiene como ventaja el ser una fuente principal de información (Flores y col., 2000; Lewis y col., 2000); sobre todo porque permite recoger los datos de un mayor número de estudiantes (Giordan, 1985). Además, ese instrumento tiene como propósito el determinar las ideas previas con la profundidad necesaria para establecer sistemas de clasificación que permitan diferenciar cuáles de esas ideas son esenciales para los procesos de razonamiento (Flores y col., 2000).

El cuestionario fue elaborado por la misma Tovar (Tovar, 1998).el cual pretendió averiguar la presencia de transformación conceptual en cuanto a la comprensión y diferenciación de los procesos de reproducción celular mitosis y meiosis.

Dicho instrumento está conformado por preguntas con respuestas de opción múltiple que ofrecen información sobre ideas generales y respuestas libres para justificar la opción elegida, la cual permite detectar las ideas previas y las dificultades conceptuales que tienen los estudiantes aún después de aplicar la estrategia didáctica y así, tener un segundo nivel de precisión (Flores y col., 2000). También, los reactivos pueden permitir que los alumnos realicen operaciones mentales para dar sus respuestas (Tamayo y col., 2001).

El listado de preguntas está construido con base a las ideas expresadas previamente por estudiantes para obtener información sobre sus líneas de pensamiento (Flores y col., 2000). La prueba presenta algunas modificaciones en comparación con el cuestionario sobre reproducción que se muestra en Flores y col. (2000), siendo, necesario ampliar el número de preguntas para identificar con más detalle lo expuesto en el párrafo anterior.

Una vez definido el cuestionario (ver Anexo 1), éste se aplicó en tres momentos diferentes: antes de la estrategia (pre-prueba), inmediatamente de haber finalizado la misma (post-prueba 1) y después de un lapso de aproximadamente dos meses (post-prueba 2).

La muestra total para el grupo control fue de 47 alumnos y para el experimental de 52 estudiantes. Las respuestas se ordenaron y analizaron estadísticamente con el programa estadístico SPSS. Por lo que respecta al análisis de respuestas abiertas se seleccionaron al azar a 10 alumnos de cada grupo (control y experimental) quiénes coincidieron en las tres pruebas. Se revisaron y analizaron las respuestas de las 16 preguntas de las 3 pruebas con el propósito de identificar tanto las ideas previas como las dificultades conceptuales, evaluando el cambio conceptual para determinar en qué conceptos se logró la transformación.

CAPÍTULO 4

4.1 Resultados de las pruebas (pre-prueba, post-prueba 1 y post-prueba 2) y análisis estadísticos.

Para facilitar el análisis de los resultados obtenidos en la Pre-prueba, Post-prueba 1 y Post-prueba 2 de los 47 alumnos del grupo control y los 52 estudiantes del grupo experimental (aplicación de la estrategia didáctica), se realizó en dos fases:

- A. Respuestas cerradas de los alumnos y la prueba de hipótesis para comparar los grupos control y experimental.
- B. Categorización de las concepciones identificadas en una selección aleatoria de 10 alumnos del grupo control y 10 del grupo experimental que respondieron las tres pruebas.

A. Respuestas cerradas de los alumnos y la prueba de hipótesis para comparar los grupos control y experimental.

Con respecto a esta primera fase de análisis, en la tabla 1 se muestran los porcentajes de las respuestas cerradas correctas por pregunta de los dos grupos:

Tabla 1. Porcentajes de respuestas cerradas correctas por pregunta del cuestionario de “Reproducción en los seres vivos” para la pre-prueba, post-prueba 1 y post-prueba 2 de los grupos control y experimental.

Número de pregunta	Pre-prueba		Post-prueba 1		Post-prueba 2	
	Control	Experimental	Control	Experimental	Control	Experimental
1	58.10%	51.1%	81.1%	97.6%	91.9%	93.9%
2	48.80%	34%	73%	92.9%	64.9%	90.9
3	27.90%	21.3%	62.2%	95.2%	64.9%	78.8%
4	72.10%	76.6%	86.5%	95.2%	81.1%	93.9%
7	86%	87.2%	100%	97.6%	91.9%	97.0%
8	58.1%	59.6%	81.1%	92.9%	78.4%	93.9%
10	55.8%	59.6%	83.8%	88.1%	64.9%	81.8%
10B	7%	10.6%	13.5%	35.7%	8.5%	24.2%
11	46.5%	61.7%	78.4%	85.7%	81.1%	69.7%
12	60.5%	68.1%	35.1%	26.2%	67.6%	36.4%

En la Post-prueba 2, las preguntas que tuvieron un mayor porcentaje de respuestas correctas en el grupo experimental en comparación con el control están relacionadas con:

- 1) La regeneración de los tejidos del bazo y la médula es por mitosis (No. 2). En el grupo experimental, respondieron correctamente el 90.9% mientras tanto, en el control un 64.9%.
- 2) Las plantas se reproducen sexual y asexualmente (No. 8). Esta respuesta fue seleccionada por el 93.9% de los alumnos del grupo experimental y por el 78.4% del control.
- 3) El tipo de reproducción en donde participan las estructuras de las flores es la reproducción sexual (No.10). Por un lado, el 81.8% de los estudiantes del grupo experimental respondieron de manera correcta y por otro lado, el 64.9% del grupo control dieron una respuesta correcta.

Con respecto a lo anterior, se puede ver que en los dos grupos esas preguntas están vinculadas con la reproducción asexual tanto en animales como en plantas y la reproducción sexual en las plantas.

Por otra parte, se realizó la prueba de hipótesis con las calificaciones promedio obtenidas por los alumnos en las respuestas cerradas de ambos grupos: primero en la pre-prueba, luego la post-prueba 1 y se finalizó con la post-prueba 2. Para llevar a cabo esto, se utilizó el Programa Estadístico SPSS V.10 y se aplicó el estadístico de prueba de “t-Student”

para muestras independientes, permitiendo con ello comparar las medias de las calificaciones del grupo control con las del experimental y así, mostrar si hay alguna diferencia significativa entre las calificaciones obtenidas por ambos grupos.

En la tabla 2 se observa el número de alumnos, la media de la calificación y la desviación estándar por grupo.

Tabla 2. Calificaciones promedio poblacional obtenidas por los alumnos en las respuestas cerradas de la pre-prueba, post-prueba 1 y post-prueba 2 de los grupos Control y Experimental.

Prueba	Pre-prueba		Post-prueba 1		Post-prueba 2	
	Control	Experimental	Control	Experimental	Control	Experimental
No. Alumnos	43	47	37	42	37	33
MEDIA	5.50	5.90	7.10	7.95	7.50	7.93
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.15	1.15	1.25	0.68	0.97	0.79

1. Prueba de “t-Student” para determinar si existió diferencia significativa en las medias de la pre-prueba del grupo control y experimental.

H_0 : No hay diferencia significativa entre las calificaciones promedio poblacional obtenidas por los alumnos de los grupos control y experimental que respondieron la pre-prueba.

H_A : Si hay diferencia significativa entre las calificaciones promedio poblacional obtenidas por los alumnos de los grupos control y experimental que respondieron la pre-prueba.

- $|t| = 1.67$ con G. de L. = 88
- Significación bilateral = 0.099 donde $p > 0.05$ (nivel de significancia)

No se rechaza H_0 porque las medias de las calificaciones obtenidas por los alumnos de los grupos control (5.50) y experimental (5.90) no difieren significativamente en la pre-prueba.

En tabla anterior se observa que la desviación estándar es la misma en ambos grupos. Esto señala una semejanza en las calificaciones promedio de ambas poblaciones.

2. Prueba de “t-Student” para determinar si existió diferencia significativa en las medias de la post-prueba 1 del grupo control y experimental.

H_0 : No hay diferencia significativa entre las calificaciones promedio poblacional obtenidas por los alumnos de los grupos control y experimental que respondieron la post-prueba 1.

H_A : Si hay diferencia significativa entre las calificaciones promedio poblacional obtenidas por los alumnos de los grupos control y experimental que respondieron la post-prueba 1.

- **$|t| = 3.81$ con G. de L. = 77**
- **Significación bilateral = 0 donde $p < 0.05$ (nivel de significancia)**

No se rechaza H_A porque las medias de las calificaciones promedio poblacional obtenidas por los alumnos de los grupos control (7.10) y experimental (7.95) si difieren significativamente en la post-prueba 1.

Por lo que respecta a la desviación estándar del grupo control, esa es mayor (1.25) que la del grupo experimental (0.68), lo que parece indicar que hay menor semejanza en las calificaciones promedio entre los estudiantes de ambas poblaciones.

3. Prueba de “t-Student” para determinar si existió diferencia significativa en las medias de la post-prueba 2 del grupo control y experimental.

H_0 : No hay diferencia significativa entre las calificaciones promedio poblacional obtenidas por los alumnos de los grupos control y experimental que respondieron la post-prueba 2.

H_A : Si hay diferencia significativa entre las calificaciones promedio poblacional obtenidas por los alumnos de los grupos control y experimental que respondieron la post-prueba 2.

- **$|t| = 2.05$ con G. de L. = 68**
- **Significación bilateral = 0.044 donde $p < 0.05$ (nivel de significancia)**

No se rechaza H_A porque las medias de las calificaciones promedio poblacional obtenidas por los alumnos de los grupos control (7.50) y experimental (7.93) si difieren significativamente en la post-prueba 2.

De igual modo que en la post-prueba 1, la desviación estándar fue mayor en el grupo control (0.97) que en el experimental (0.79), lo cual señala menor semejanza en las calificaciones promedio entre los alumnos de las dos poblaciones.

La prueba de “t-Student” muestra las diferencias significativas en cuanto a las calificaciones que obtuvieron los estudiantes en la post-prueba 1 y post-prueba 2 entre el grupo control y experimental, lo cual parece señalar un mejoramiento significativo en el

aprendizaje de los conceptos sobre los procesos de reproducción en los seres vivos luego de la aplicación de la estrategia de enseñanza de manera general.

B. Categorización de las concepciones identificadas en una selección aleatoria de 10 alumnos del grupo control y 10 del grupo experimental que respondieron las tres pruebas.

La segunda fase consiste en presentar la categorización de las concepciones que se encontraron en los alumnos seleccionados al azar de los grupos control y experimental. La presente categorización se realizó tomando como referencia la que se muestra en la Página Web de Ideas Previas (Flores y col., 2004). Las concepciones de la misma están relacionadas con las respuestas cerradas correctas que eligieron los alumnos de ambas muestras, control y experimental, en la pre-prueba, post-prueba 1 y post-prueba 2.

Las respuestas cerradas sobre los tipos de reproducción en los organismos formados por una célula seleccionadas por los estudiantes de la muestra control fueron incorrectas porque ellas sólo hacen referencia a la reproducción asexual; sin embargo, es conveniente presentar las concepciones acerca de ese subtema para la identificación de los problemas conceptuales.

Por otra parte, en la post-prueba 2 se dan a conocer las dificultades conceptuales que mostraron los estudiantes para observar cuáles fueron las limitantes para promover el cambio conceptual. Es preciso mencionar que las concepciones, tanto las correctas como las que no lo son, se repiten en la post-prueba 1, la post-prueba 2 o en ambas; esto se señala en una nota al pie de página.

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Fecundación Humana (Pregunta No.1 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. El esperma o espermatozoide se junta, une, combina o fecunda el óvulo para formar una sola célula llamada cigoto o célula huevo.¹
2. Después de la unión o fecundación del esperma o espermatozoide y el óvulo se crea o forma una célula que se multiplicará por bipartición y con el tiempo formará un nuevo ser.¹

¹ Ambas concepciones del **grupo control** se repiten en la post-prueba 1 y **post-prueba 2**

3. Porque el espermatozoide fecunda al óvulo y se forma la primera célula de un nuevo ser (correcta).
4. El cigoto o célula huevo se forma de la unión ambos gametos (masculio y femenino) o fecundación de un óvulo por un espermatozoide (correcta).²

Post-prueba 2

1. El espermatozoide y el óvulo son células haploides que forman una célula diploide (correcta).

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. El óvulo y el espermatozoide se juntan o se unen y forman una sola célula.
2. El óvulo y el espermatozoide que tienen la mitad de material genético se fusionan o fecundan para originar o formar una célula huevo o cigoto que se desarrollará, multiplicará o reproducirá por mitosis.³
3. Los gametos son células sexuales, cada una con la mitad de información genética o del número cromosómico. Al unirse ambas células, se combina su material genético formando una sola célula.⁴

Post-prueba 1

1. El óvulo y el espermatozoide se juntan o se unen y forman una sola célula.
2. El gameto está formado por células reproductoras que llevan a cabo la fecundación.
3. El óvulo y el espermatozoide se unen y resulta una sola célula (correcta).
4. La unión de un óvulo y un espermatozoide dan como resultado una célula huevo (correcta).⁵

Post-prueba 2

1. Las dos células haploides se unen formando un cigoto con 46 cromosomas (correcta).

² Concepción **correcta** del **grupo control** repetida en la post-prueba 1 y **post-prueba 2**

³ Concepción del **grupo experimental** repetida en la post-prueba 1 y **post-prueba 2**

⁴ Concepción del **grupo experimental** repetida en la post-prueba 1 y **post-prueba 2**

⁵ Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

Problemas conceptuales

En la muestra control aún permanece la incomprensión del concepto de fecundación, así como de los términos esperma y espermatozoide. Mientras tanto, en la muestra experimental se detecta una disminución en la confusión entre la fecundación y la fusión en la post-prueba 2.

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Reproducción asexual para la regeneración de los tejidos humanos (Pregunta No.2 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. Una sola célula se va dividiendo y reproduciendo por medio de la mitosis regenerándose las células que pueden ser sustituidas por otras.
2. A partir de una célula se hacen dos por la mitosis.
3. La mitosis es un proceso por el cual las células se reproducen para formar nuevas células que reemplazan a las células muertas de un tejido (correcta).⁶

Post-prueba 1

1. El cigoto del ser humano y los microorganismos como las bacterias se reproducen por mitosis o bipartición y las esporas por esporulación.
2. La médula ósea reproduce a los glóbulos rojos por medio de la mitosis para regenerar y sustituir a los glóbulos viejos porque el organismo necesita cierta cantidad de glóbulos (correcta).

Post-prueba 2

1. Las células que ocupan un lugar en el organismo se van creando por mitosis para llevar a cabo su función.
2. Las células que son iguales se generan por meiosis para cumplir las mismas funciones que la célula muerta.
3. Las cuatro células que se regeneran lo hacen por mitosis.
4. La mitosis es un proceso que no necesita de gametos porque las células de los tejidos se reproducen asexualmente para reemplazar los mismos (correcta).

⁶ Concepción **correcta** del **grupo control** repetida en la post-prueba 1

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. La mitosis es uno de los métodos o procesos que tiene la función de producir, reproducir o multiplicar las células.⁷

Post-prueba 1

1. La mitosis es un proceso que forma células iguales a las que se originaron.
2. La mitosis es un proceso de reproducción celular continuo que produce células hijas diploides, las cuales son exactamente iguales y tienen la misma función que las células muertas que van a reemplazar, y así se regenera el tejido del bazo (correcta).⁸

Post-prueba 2

1. La mitosis regenera los tejidos (correcta).

Problemas conceptuales

Los alumnos de la muestra control presentan más problemas conceptuales en la post-prueba 2 porque hay confusión entre la mitosis con la meiosis, así como no hay comprensión del proceso mitosis. Por otro lado, en los alumnos de la muestra experimental reaparece el pensamiento de que la mitosis es solamente una multiplicación celular.

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Reproducción asexual para el crecimiento de los tejidos humanos (Pregunta No.3 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. La división celular es cuando se forma una sola célula llamada cigoto a partir de dos células y por lo tanto, no hay otra célula que le ayude a reproducirse.
2. Después de que las dos células progenitoras se unen, se forma una célula para llevar a cabo la mitosis (correcta).

Post-prueba 1

1. Las células se regeneran por el proceso de mitosis para formar el cuerpo.

⁷ Concepción del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

⁸ Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

2. Los progenitores participan dando una nueva vida o ser porque varios espermatozoides fecundan a la célula madre formando varias células que constituyen cada parte del cuerpo.
3. En la mitosis no participan los dos progenitores porque ese proceso sólo se da en el cigoto o célula madre del ser humano reproduciéndose por mitosis para originar las demás células (correcta).

Post-prueba 2

1. El cigoto o la célula madre se divide comenzándose a reproducirse asexualmente por meiosis y en este proceso no intervienen las células progenitoras tal como son el óvulo y el espermatozoide.
2. Después de la formación del huevo, la célula madre dará o procreará los organismos pluricelulares por mitosis.
3. La unión de ambas células progenitoras dará lugar a que se forme una célula la cual se va a reproducir o dividir transfiriendo o duplicando la información genética.

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. Hay organismos pluricelulares que se reproducen asexualmente en donde participa una célula madre.
2. Sólo existe una célula madre madura que da origen a ciertas células en su madurez por reproducción asexual, ellas también actúan como células madres y así sucesivamente.

Post-prueba 1

1. La célula huevo es una célula madre tiene una serie de cambios (etapas) tales como: reproducirse asexualmente por mitosis originando dos células, dividirse o reproducirse constantemente para convertirse en un ser con millones de células.⁹
2. La célula huevo participa como célula madre que se reproduce asexualmente para producir más células que formarán los tejidos del nuevo ser (correcta).
3. La célula huevo comienza a dividirse asexualmente por medio de mitosis (crecimiento del individuo) y no por reproducción sexual (correcta).

⁹ Concepción correcta del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

4. Las células se van reproduciendo asexualmente por mitosis y da como resultado células idénticas que son controladas por el ADN para realizar determinadas funciones (correcta).

Problemas conceptuales

Por lo que se refiere a la post-prueba 2, los estudiantes de la muestra control confunden el término de mitosis con el de meiosis y no comprenden los eventos que ocurren en la mitosis.

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Reproducción asexual para la regeneración de cualquier tejido animal (Pregunta No.4 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. Las células son posiblemente idénticas porque son copias de las células antecesoras pues tienen las mismas características o información genética para sustituir o reemplazar una parte del cuerpo y cumplir una misma función.
2. El tejido que rodea a la lesión crece nuevamente.

Post-prueba 1

1. Las células de un tejido animal que ha sido lesionado se reproducen asexualmente.
2. Las células de un tejido animal que ha sido lesionado van a sustituir una función o estructura determinada.
3. Las células de un tejido animal que ha sido lesionado se dividen por meiosis y forman nuevas células que sanarán la herida.
4. La célula nueva es idéntica a la célula antecesora porque ambas contienen la misma información genética (correcta).
5. Porque a través del proceso de mitosis, las células hijas o nuevas no cambian en su estructura sino son idénticas a la célula madre (correcta).
6. Las células nuevas deben ser idénticas a las células muertas porque reemplazarán a éstas y como consecuencia regenerarán la parte lesionada (correcta).

Post-prueba 2

1. El proceso de mitosis forma células que son idénticas o las mismas.
2. Cuando un tejido animal ha sido lesionado se regenera un solo tipo de tejido.

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. En la renovación del tejido hay una sustitución de células por células nuevas que tienen las mismas características.
2. Las nuevas células de un tejido animal que ha sido lesionado contienen una información diferente a las células anteriores así como, tienen errores en la función que desempeña.
3. Las células hijas que se forman, tienen la misma información o material genético que la célula madre, porque cumplen con cierta función (correcta).¹⁰

Post-prueba 1

1. La mitosis es una ventaja porque las células deben ser idénticas a las progenitoras ya que ellas tienen que cumplir con una función determinada en el organismo si no la parte sustituida o lesionada con otra información causaría mutaciones o malformaciones.¹¹
2. La regeneración de tejidos se da por mitosis, siendo exactamente iguales (sus características y funciones) a la célula progenitora (correcta).¹²

Post-prueba 2

1. La ventaja de la mitosis es producir células con la misma función de otras células, no alterando el funcionamiento adecuado de un organismo (correcta).
2. Las nuevas células deben ser idénticas porque sustituyen o reemplazan a las células afectadas de un tejido (correcta).

Problemas conceptuales

Los estudiantes de la muestra control presentan en la post-prueba 2 una falta de comprensión de la mitosis y los alumnos de la muestra experimental confunden la mitosis con la meiosis, específicamente, en la distribución del material genético para la regeneración de las células muertas.

¹⁰ Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

¹¹ Concepción del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

¹² Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Descripción del proceso de mitosis (Pregunta No.5 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. Los cromosomas son unidos por tubos mitóticos, después los cromosomas se separan a la mitad para recombinar sus genes y dar lugar a una célula con toda la información.
2. Después de la unión o fecundación del espermatozoide y el óvulo se forma una célula que se divide en 2, 4, 8, 16, 32 ... células cuya información genética se duplica, transmite y recombina hasta determinar las características del feto o embrión que luego se desarrollará en un proceso largo durante la mitosis.
3. En la mitosis los cromosomas están dispersos dentro de la célula los cuales se duplican y alinean por el huso mitótico, desapareciendo la membrana o pared celular para dar como resultado dos células con cromosomas.
4. La mitosis es la división celular y nuclear, reduciendo el tamaño de los núcleos y dividiendo las células en 2 iguales a las originales, luego ambas se juntan y se dividen en dos células más.
5. La célula con su material genético se divide y 2 células son formadas (correcta).

Post-prueba 1

1. La división de los cromosomas comienza con las fases de la mitosis: anafase, desaparición de la membrana nuclear, aparición de un centríolo y el huso mitótico, alineamiento de los cromosomas; profase, aparición del segundo centríolo, separación de las cromátidas de los cromosomas por medio del huso mitótico; metafase, aparición de la membrana nuclear, división de la célula; telofase, formación de dos núcleos con sus cromosomas compactados o sin compactar; citocinesis, formación de dos células más pequeñas que la original con su núcleo y los cromosomas sin compactar.

2. Durante la mitosis se describen las siguientes fases: interfase, los cromosomas con su centrómero pasan por G1, luego se duplican en la fase S y en la G2 se preparan para la mitosis; profase, cromosomas compactados, formación de los husos, separación de los centriolos; metafase, alineamiento de los cromosomas por medio del huso mitótico o sin él, los centriolos no están presentes; anafase, separación de los cromosomas sin el huso; telofase, división de la célula y formación de un núcleo en cada polo; citocinesis, formación de dos células con su núcleo.
3. En la mitosis los cromosomas están dispersos dentro de la célula los cuales se alinean en el ecuador comenzándose a formar el huso mitótico, luego ellos se duplican y separan hacia los polos de la célula por medio del huso, el núcleo se divide en dos y cada uno tiene cromosomas, finalmente, resultan dos células idénticas con sus organelos.
4. La división de los cromosomas comienza a partir de las fases de la mitosis.
5. Después de la unión del espermatozoide y el óvulo se forma un cigoto que comenzará a dividirse progresivamente por mitosis, primero en dos partes, luego en cuatro, después en ocho... hasta formar miles de divisiones (correcta).

Post-prueba 2

1. Durante la mitosis se describen las siguientes fases: interfase, tiene la fase G1, la S en donde los cromosomas se duplican y la G2; profase, división del centriolo fuera del núcleo, creación de los husos; metafase, alineamiento de los cromosomas; anafase, separación de los cromosomas; telofase, formación de 2 núcleos, división de la célula; citocinesis, separación de las dos células y cada una tiene su núcleo.
2. Durante la mitosis se describen las siguientes fases: interfase, los cromosomas están compactados o sin compactar; profase, separación de los cromosomas no compactados, formación del centriolo y del huso mitótico fuera del núcleo; metafase, desaparición de la membrana nuclear, aparición del huso acromático, alineamiento de los cromosomas visibles en el ecuador de la célula; anafase, separación de la mitad de los cromosomas hacia un polo y la otra mitad hacia el otro polo de la célula; telofase, división de la célula y formación de los núcleos; citocinesis, formación de dos células hijas completas y más pequeñas.
3. En la mitosis los cromosomas están alineados por un tubo con asas y al mismo tiempo ellos se juntan con otros cromosomas, luego se separan y combinan sus características; tanto los centriolos como los cromosomas no están rodeados por una membrana celular.

4. Durante la mitosis se describen los siguientes eventos: primero, la célula madre tiene el núcleo con los cromosomas no compactados; segundo, desaparece la membrana nuclear y los cromosomas se dispersan dentro de la célula; tercero, los cromosomas se van hacia los polos por medio del huso y después ellos se duplican; cuarto, las células con sus cromosomas duplicados se dividen; quinto, se obtienen dos células que son iguales a la célula madre.
5. Durante la mitosis el ADN empieza a reproducirse y los centríolos se duplican, después los cromosomas y el huso se van formando dentro del núcleo, luego ellos se alinean y la división comienza cuando los cromosomas se separan hacia los polos sin el huso, la célula toma una característica amorfa y los dos núcleos se desprenden.
6. Durante la mitosis los cromosomas de una célula ciliada se van a duplicar para transferir la información genética a las 4 células hijas, por un lado, el óvulo de la mujer tiene 23 cromosomas en su ADN y por el otro, el espermatozoide del hombre tiene 23 cromosomas XY en su ADN.

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. Antes de la mitosis, los cromosomas se duplican y durante la mitosis suceden las siguientes fases: profase, los cromosomas están dentro del núcleo; interfase, alineamiento de los cromosomas en el ecuador de la célula; metafase, desorganización de la membrana nuclear, los cromosomas son visibles; anafase, división de la célula, formación de dos nuevas células, división de los centríolos, formación del huso mitótico, alineamiento de los cromosomas, división de los mismos por los centrómero y separación de la mitad de cromosomas hacia un polo y la otra mitad hacia el otro polo de la célula; telofase, formación de dos células hijas y cada una con la mitad de cromosomas de la célula madre.
2. Durante la mitosis sucede lo siguiente: el ADN se duplica, los cromosomas se dividen y duplican, la célula se divide y se forman dos células parecidas o idénticas a la célula original.
3. La mitosis se presenta en las células procariontes en donde una célula duplica los centríolos, el huso mitótico y al mismo tiempo se forma un surco en la membrana celular dando como resultado dos células.

Post-prueba1

1. Durante la mitosis suceden los siguientes eventos: dispersión del ADN, duplicación de los centríolos, condensación del ADN, los cromosomas son visibles, formación del huso mitótico que transporta a los cromosomas, alineamiento de los mismos en el ecuador de la célula, apareamiento de los cromosomas homólogos, intercambio de información genética, separación de los cromosomas por el centrómero, citocinesis (la membrana celular y nuclear se regeneran o reorganizan), la división celular termina con el origen o formación de 2 células hijas haploides y cada una lleva la mitad de información de la célula progenitora.
2. Durante la mitosis suceden los siguientes eventos: división del centríolo, formación del huso mitótico fuera del núcleo, apareamiento de los cromosomas homólogos, no hay división del centrómero, separación de los cromosomas, formación de 2 células hijas.
3. Durante la mitosis suceden los siguientes eventos: dispersión de los cromosomas, duplicación del material genético, la creación de los cromosomas homólogos visibles, división del centríolo, formación del huso mitótico fuera del núcleo, desorganización de la membrana nuclear, alineamiento de los cromosomas en el ecuador de la célula por medio del huso mitótico, división de los cromosomas por los centrómeros, formación de dos células hijas cada una con el mismo número de cromosomas visibles que la célula madre, no hay reorganización de la membrana nuclear.
4. La mitosis es una división celular que ordena y organiza los cromosomas para que las células hijas tengan la misma cantidad de cromosomas. Durante dicho proceso suceden las siguientes etapas (profase, metafase, anafase y telofase): los cromosomas están duplicados, la membrana nuclear se desorganiza, los centríolos se dividen, el huso mitótico se forma, los cromosomas se agrupan y aparean en el ecuador, los cromosomas se separan, el huso mitótico se rompe, la célula se divide, dos células hijas se crean con el mismo número cromosómico, la membrana nuclear no se reorganiza y no hay recombinación genética.
5. Antes de iniciar la mitosis hay duplicación de ADN. La mitosis se describe con los siguientes eventos: cromosómicos, condensación de cromosomas que son visibles, alineamiento o apareamiento, separación o repulsión hacia los polos, división del centrómero, diploidía; citoplasmáticos, división de centríolos, desorganización y organización de la membrana nuclear, formación del huso mitótico, citocinesis (correcta).

6. Antes de la mitosis, el ADN se duplica y durante la mitosis suceden las siguientes eventos: los cromosomas se condensan y los centriolos se dividen comenzándose a formar el huso mitótico; la membrana nuclear se desorganiza y los cromosomas son transportados por el huso mitótico hacia el ecuador en donde se alinean o aparean; los centrómeros de los cromosomas se dividen y éstos comienzan a separarse, una mitad hacia un polo y la otra hacia el otro polo de la célula; la membrana nuclear se reorganiza para rodear a los cromosomas y la célula comienza a dividirse; dos células hijas diploides se forman las cuales son más pequeñas que la célula original y los cromosomas no son visibles (correcta).
7. La mitosis es una división celular que tiene como principal característica ordenar y organizar a los cromosomas mediante el huso mitótico para formar dos células hijas con el mismo número de cromosomas que la célula original. Aquí no hay recombinación genética (correcta).

Post-prueba 2

1. Durante la mitosis suceden los siguientes eventos: rompimiento del núcleo, duplicación y dispersión del ADN, los cromosomas son visibles, división de los centriolos, formación del huso mitótico, intercambio de información de los cromosomas, alineamiento de los cromosomas y rompimiento de los centrómeros, separación de las cromátidas hermanas; división de la célula, citocinesis (formación de las 2 células hijas y cada una con la misma información que la célula madre), los cromosomas son visibles o el ADN está disperso, reorganización del núcleo.
2. Durante la mitosis la célula madre se divide y a partir de ella se originan dos células hijas que a su vez dan origen a dos células.
3. Durante la mitosis se forma el huso mitótico, los cromosomas están duplicados y se separan al igual que la célula para formar dos nuevas células diploides, hay duplicación y separación de los cromosomas junto con la célula, formación de 4 células hijas haploides que tienen el mismo material genético que la célula original.

Problemas conceptuales

En la post-prueba 2 de la muestra control, los estudiantes aún manejan el nombre de las fases las cuales no corresponden con los eventos cromosómicos y citoplasmáticos que los alumnos describen. Además, no está completamente claro lo que sucede en G1 y G2 de la interfase. Adicionando que esta fase se encuentra incluida dentro de la mitosis y no hay comprensión de hasta dónde llega la participación de la interfase.

A pesar de que hay algunos alumnos de la muestra experimental que en la post-prueba 2 no mencionan los nombres de las fases y entienden el propósito de la mitosis, ellos aún no comprenden completamente dicho proceso y esa dificultad conceptual se relaciona con la descripción desordenada de los eventos cromosómicos y citoplasmáticos. Pocos estudiantes de la misma muestra mencionan la participación de la membrana nuclear tanto al inicio como al final de la mitosis aunque lo hacen con el término de rompimiento y regeneración en vez de la desorganización y reorganización de la membrana nuclear. Además, hay confusión en cuáles organismos hay mitosis, así como entre la mitosis y la meiosis con relación a la distribución de la información genética en las células hijas y por lo tanto, también se confunden los términos haploide y diploide.

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Descripción del proceso de meiosis (Pregunta No.6 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. En la meiosis se reducen los cromosomas y los genes a la mitad. Ese proceso es un tipo de división celular que tiene doble división en donde el material genético, los cromosomas y los organelos migran hacia los polos y se separan, luego la célula se divide y hay como producto 4 células que se parecen a la célula original.
2. La célula se divide en dos, cuatro, ocho y así sucesivamente tanto en la mitosis como en la meiosis (reproducción sexual).

Post-prueba 1

1. Durante la meiosis se describen las siguientes fases: profase 1, separación de los centriolos, formación de los husos fuera del núcleo, no compactación de los cromosomas; metafase 1, alineamiento de los cromosomas en el ecuador por medio del huso; anafase 1, separación de los cromosomas; telofase 1, formación de dos núcleos con sus cromosomas, división de la célula; interfase II, duplicación de los cromosomas para entrar a la meiosis; en ésta hay formación de dos células con su núcleo y cromosomas. Las fases anteriores vuelven a repetirse excepto la interfase y en la telofase se forman 4 núcleos en ambos polos de la célula, en la citocinesis se forman 4 células y cada una de ellas con su núcleo.

2. La meiosis es un tipo de división celular y cromosómica, durante la misma se describen los siguientes eventos: dispersión de los cromosomas, duplicación de los mismos y de los organelos celulares, desaparición del núcleo, compactación y alineamiento de los cromosomas, intercambio con otros cromosomas por medio del huso mitótico sin la presencia de centríolos, los cromosomas son visibles, separación de los mismos por medio de los centríolos y el huso, desaparición de los centríolos y el huso, división de la célula y el núcleo en dos, formación de dos células con sus cromosomas. Las fases anteriores vuelven a repetirse, el resultado son más células que en la mitosis porque hay más divisiones porque la célula y el núcleo se dividen en cuatro originando o formando cuatro células hijas, cuyos cromosomas y genes se reducen a la mitad, apareciendo igual cantidad de organelos en las células.
3. Durante la meiosis el espermatozoide y el óvulo se unen, luego ambas células se dividen en 2, 4, 8, 16, 32, 64 hasta formarse el feto.

Post-prueba 2

1. Durante la meiosis se describen las siguientes fases: interfase I, célula está en reposo; profase I, duplicación de los centríolos fuera del núcleo, formación de los husos, compactación de los cromosomas; metafase I, los centríolos o el huso transportan los cromosomas hacia el ecuador de la célula, alineamiento de los mismos; anafase I, separación de los cromosomas; telofase I, formación de dos núcleos, división de la célula; interfase II, duplicación de los cromosomas, formación de una célula con dos núcleos y sus cromosomas. Las fases anteriores vuelven a repetirse excepto la interfase y en la telofase se forman cuatro núcleos, en la citocinesis se forman 4 células.
2. Desde la fecundación, la célula se divide o duplica en 2, 4, 8, 16, 32 por medio de la meiosis hasta formar el feto.
3. Durante la meiosis se describen los siguientes eventos en donde participa la célula madre: la membrana nuclear se desorganiza y los cromosomas se dispersan por medio del huso, luego una mitad de cromosomas se separa hacia un polo y la otra hacia el otro polo de la célula, finalmente, se obtienen cuatro células hijas iguales a la célula madre que tienen su propio núcleo.
4. La meiosis es un proceso de reproducción sexual en donde la célula que no tiene núcleo se divide por medio de fases o etapas y la información genética se duplica o copia en cada una de las cuatro células hijas que se forman.

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. La meiosis se presenta en células eucariontes en cuatro fases: anafase, profase, telofase, metafase. Los cromosomas son visibles y están dispersos en la célula; el huso mitótico se forma y los cromosomas se alinean; luego ellos se separan hacia los polos de la célula; los cromosomas, centriolos y el huso mitótico se duplican; la célula se divide; dos células se forman y después cuatro células con los cromosomas separados por el huso mitótico.
2. Durante la meiosis, el cromosoma está disperso en la célula, luego la célula se divide y el cromosoma se duplica, formándose 2 células que son parecidas a la célula original, los eventos anteriores se repiten y finalmente, se forman 4 células las cuales también son parecidas a la célula original.
3. Después de la primera división de la meiosis, cada una de las dos células hijas formadas con sus cromosomas dispersos dentro del núcleo se vuelven a dividir y cuatro gametos con la mitad del número cromosómico se forman (correcta).

Post-prueba 1

1. Durante la meiosis suceden los siguientes eventos: dispersión del material genético o el ADN en la célula diploide, condensación del ADN y los cromosomas son visibles, división o duplicación de los centriolos, desorganización de la membrana nuclear, alineamiento de los cromosomas por la formación del huso mitótico, entrecruzamiento de los cromosomas homólogos, separación de los cromosomas por medio del huso mitótico; citocinesis, formación de dos células diploides, reorganización de la membrana nuclear sin que se noten los cromosomas terminando la primera división. En la segunda división no hay duplicación ni condensación del material genético o el ADN; citocinesis, alineamiento de los cromosomas en el ecuador, separación de las cromátidas por el centrómero; regeneración de la membrana nuclear, se originan cuatro células hijas haploides las cuales llevan la mitad de información de la célula madre o progenitora.

2. Antes de la meiosis hay duplicación de los cromosomas y el material genético (ADN) y durante dicho proceso suceden los siguientes eventos: en la primera división hay concentración de ADN duplicado, condensación de los cromosomas visibles con sus cromátidas hermanas, división de los centriolos y formación del huso acromático o meiótico, alineamiento y entrecruzamiento o sinápsis de las cromátidas hermanas de los cromosomas homólogos para cambiar la información, desaparición de la membrana nuclear, separación de los cromosomas homólogos por el centrómero, formación de dos células hijas diploides (conservación del número cromosómico o genes de la célula madre). En la segunda división hay una ausencia de interfase o duplicación de ADN o material, división del centriolo y formación del huso fuera del núcleo, alineamiento de cromátidas hermanas, separación de los cromosomas por el centrómero porque se repelen, formación de cuatro células hijas haploides (gametos) con la mitad de cromosomas que la célula madre.
3. Durante la meiosis suceden los siguientes eventos: los cromosomas homólogos de la célula madre se duplican, organizan e intercambian el material preparándose para la división celular. En la primera división se divide el citoplasma y se forman dos células iguales a la célula madre; no existe la interfase por lo tanto no se duplica el material; en la segunda división, el citoplasma se divide y se forman cuatro células hijas que son células especializadas las cuales tienen la mitad de información genética de la célula madre.
4. Durante las primeras fases de la meiosis de la primera etapa hay una separación de cromosomas homólogos pero no de las cromátidas y como resultado hay dos células hijas; en la segunda división hay separación de las cromátidas y una diferencia notable del número cromosómico respecto a la célula inicial o progenitora porque las células resultantes son haploides.
5. Durante la meiosis suceden los siguientes eventos: el ADN está disperso dentro de la célula; los cromosomas se hacen visibles dentro del núcleo; la membrana nuclear se desorganiza, el centriolo se duplica y los cromosomas se alinean por medio del huso mitótico realizándose el entrecruzamiento; los cromosomas se aparean y se empiezan a mover hacia los polos de las células; se forman dos células diploides reorganizándose la membrana nuclear sin que se noten los cromosomas dentro del núcleo terminando la primera división; en la segunda división las células pasan por el mismo procedimiento anterior pero sin la duplicación de ADN como en la primera división y termina con 4 células haploides (correcta).

Post-prueba 2

1. Durante la meiosis hay presencia del doble de las etapas en comparación con la mitosis y en la primera división suceden los siguientes eventos: el ADN está disperso y duplicado, los centríolos se dividen y se forma el huso meiótico, la membrana nuclear se desorganiza, alineamiento de las tétradas de los cromosomas las cuales se recombinan, los cromosomas se dividen por su centrómero sin el huso meiótico, la célula se divide, dos células originales se forman con el mismo número de cromosomas y en cada una de ellas hay una recombinación genética. No hay interfase o duplicación. En la segunda división se repiten los mismos procesos de la mitosis y resultan 4 células hijas haploides y no hay especiación.
2. La meiosis empieza a partir de 2 células progenitoras, una XX y otra XY, las cuales recombinan sus cromosomas, después ellos se van hacia los polos de la célula y ésta empieza a dividirse dando como resultado a 2 células hijas que tienen la mitad de número cromosómico.

Problemas conceptuales

Los estudiantes de ambas muestras confunden en la post-prueba 2 el producto de la meiosis con el de la mitosis debido a la falta de importancia que le dan a la distribución de información genética en las células resultantes. Además, no reconocen la participación del núcleo dentro de la meiosis, así como los eventos cromosómicos y citoplasmáticos que suceden en dicho proceso. En los alumnos de la muestra control se encontró que la interfase es identificada como una fase de reposo que está dentro de la meiosis y este tipo de reproducción asexual se confunde con la reproducción sexual.

Por otra parte, los alumnos de la muestra experimental reconocen en la post-prueba 2, la desorganización y reorganización de la membrana nuclear; sin embargo, aún no comprenden la función que realiza el huso meiótico y por lo tanto, cuál es el proceso completo de meiosis. Ellos siguen todavía confundiendo los términos de fecundación, mitosis, cromosoma homólogo, haploide, relación cromosoma-ADN.

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Regeneración de tejidos en las plantas (Pregunta No.7 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. El codito se transplanta, después las células toman los nutrientes necesarios del suelo para que ellas puedan reproducirse o multiplicarse asexualmente para formar las raíces, la planta que tiene un sexo se desarrolla y crece por ramificación o brotación.¹³
2. La semilla no participa porque la planta no tiene reproducción sexual y cuando ella está formada entonces se adaptará a las nuevas condiciones.
3. La planta se fecunda por si misma.
4. La planta se reproduce asexualmente ya que no intervienen células gaméticas (correcta).

Post-prueba 1

1. La célula madre del codito de la planta se reproduce y las células del tallo y las raíces se regeneran por meiosis para formar la nueva planta, aquí las células reproductoras no participan.
2. La nueva planta se reproduce con otra existente y los gametos se juntan para formar una tercera planta diferente con nuevas raíces.
3. A la planta le salen brotes por bipartición.
4. En este momento no se requiere de meiosis sino las células de la planta se reproducen por mitosis y la célula madre pasa la misma información genética a las células hijas (correcta).¹⁴

Post-prueba 2

1. La planta se desarrolla de la existente porque no intervienen los progenitores que dan lugar al intercambio sexual.

¹³ Concepción del **grupo control** repetida en la **post-prueba 2**

¹⁴ Concepción **correcta** del **grupo control** repetida en la **post-prueba 2**

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. La nueva planta se forma por reproducción asexual porque la ayudo un insecto o porque no había otra planta.
2. La nueva planta se forma y se desarrolla por si sola porque utiliza las mismas células que se dividen para crear células idénticas a las originales hasta que la planta se reproduce sexualmente por medio de otro progenitor.
3. Las raíces de las plantas siguen reproduciéndose y pueden originar o crear una nueva planta porque no necesitan de los gametos de ambos progenitores los cuales participan en la reproducción sexual.
4. Porque no participan 2 células progenitoras, sino sólo una en la regeneración y crecimiento de la planta (correcta).¹⁵

Post-prueba1

1. La nueva planta se forma por regeneración o bipartición asexual (mitosis) de una célula progenitora o codito con el mismo material genético de la planta existente porque el óvulo y el esperma o los granos de polen aún no se desarrollan.¹⁶
2. La nueva planta se forma por propagación vegetativa mediante el proceso de reproducción celular mitosis que forma células idénticas a las anteriores y van constituyendo a las raíces, tallos, hojas, propiciando el crecimiento de la planta la cual es igual a la original (correcta).¹⁷

Problemas conceptuales

Los alumnos de la muestra control que realizaron la post-prueba 2 no reconocen que los tejidos de las plantas hermafroditas también se regeneran por mitosis. Mientras tanto, en los estudiantes de la muestra experimental prevalece la confusión de la mitosis con la bipartición para regenerar los tejidos.

¹⁵ Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la post-prueba 1

¹⁶ Concepción del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

¹⁷ Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la post-prueba 2

Tema: Reproducción de los seres vivos**Subtema:** Tipos de reproducción en las plantas (Pregunta No.8 del cuestionario)Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. Hay plantas que se reproducen sexualmente cuando los gametos de ambos órganos reproductores se unen y hay otras plantas que se reproducen asexualmente por medio de la esporulación de las células independientes.
2. Las plantas se reproducen asexualmente por medio de la semilla y sexualmente a través del polen de las flores.
3. Cuando la reproducción es sexual participan 2 células y cuando es asexual, a partir de una célula puede desarrollarse una planta (correcta).

Post-prueba 1

1. La reproducción asexual de la planta es cuando el codito se regenera por mitosis o cuando se origina otra planta por medio del polen o de las esporas ya que en lugar de tener aparato reproductor masculino, la planta tiene esporangios; la reproducción sexual es donde los gametos del polen se forman por meiosis o cuando interviene la semilla.
2. La planta tiene ambos tipos de reproducción y cuando carece de esporalizador se reproduce asexualmente.
3. La reproducción sexual se realiza en la flor y la asexual en la semilla.

Post-prueba 2

1. La reproducción asexual sucede en los helechos y la sexual es cuando el polen entra por el estigma y fecunda los óvulos.
2. Hay plantas que se reproducen sexualmente porque tienen órganos reproductores como la antera (polen) y el estigma (óvulo), hay otras plantas que se reproducen asexualmente porque tienen un codito y necesitan crear células para reproducirse.
3. Hay distintas especies de plantas que se pueden reproducir asexualmente porque no necesitan de otra célula o se reproducen sexualmente (por ejemplo, la polinización entre otros métodos.).
4. La reproducción sexual y asexual son cuando ambas partes de la planta se unen por brotación.
5. Hay plantas que tienen órganos masculinos, otras tienen los órganos femeninos (en donde sólo interviene una célula progenitora) y las que tienen ambos sexos, aquí participan dos células progenitoras (correcta).

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. La planta que tiene fruto o flor, estambre, pistilo y polen se reproduce sexualmente y la que no tiene eso se reproduce asexualmente.
2. La planta se reproduce sexualmente por fecundación y asexualmente por medio del codito (correcta).
3. La planta se reproduce sexualmente porque se autofecunda o cuando se fecunda con otra planta similar a ella (correcta).
4. Cuando hay reproducción sexual ocurre la fecundación con intercambio genético. Cuando hay reproducción asexual, el crecimiento y la regeneración es por mitosis (correcta).¹⁸

Post-prueba1

1. Las plantas se reproducen asexualmente por propagación vegetativa, fisión o bipartición para restaurarse o regenerarse, aunque también se reproducen sexualmente por la fecundación de los dos gametos (óvulo y granos de polen) que originan una semilla.
2. La planta puede reproducirse sexualmente por mitosis o meiosis para la unión de los gametos.
3. La planta se reproduce asexualmente cuando ella crece o se regenera y sexualmente cuando la flor se autofecunda para la unión de los dos gametos (polen y óvulos).

Post-prueba 2

1. La planta se reproduce asexualmente cuando ella se autofertiliza porque cae su propio polen dentro de su óvulo.
2. Hay diferentes tipos de plantas que se desarrollan y dan frutos por medio de la reproducción asexual y sexual.
3. La planta se regenera y desarrolla por reproducción asexual y cuando ella tiene ambos aparatos reproductores recibe el polen de un polinizador para reproducirse sexualmente.
4. La planta se reproduce sexual y asexualmente, en este caso lo hace por esporulación o cuando ella surge de una célula, codito o de la planta.

¹⁸ Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

Problemas conceptuales

En la post-prueba 2, ambas muestras confunden la polinización con la esporulación y la fecundación. Por lo que se refiere a la muestra experimental se encontraron otras dificultades conceptuales tales como: no hay comprensión de la reproducción sexual y como consecuencia no se entiende cómo se forma el fruto, confusión de la fecundación con la brotación, falta de comprensión de la ubicación de los óvulos dentro del ovario del pistilo de la flor. Aunque en este subtema no se hace referencia a la reproducción sexual en plantas sin flores, los alumnos desconocen que dicho proceso sucede también en este tipo de plantas.

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Reproducción sexual (Pregunta No.9 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. Las plantas se reproducen sexualmente cuando la célula fecundadora o alguna semilla del pistilo llega al estigma para crear las semillas o formarse el fruto o cuando dos seres se unen para foliar.¹⁹
2. La reproducción sexual se realiza cuando el gameto masculino o espermatozoide penetra en la barrera del plasma y fecunda el gameto femenino u óvulo, combinándose y transfiriendo las características o genes al descendiente ya sea la célula o el nuevo ser vivo que se originó o formó.¹⁷
3. La reproducción sexual es cuando hay unión de 2 gametos (espermatozoide y óvulo) que dan origen a una célula que formará el nuevo ser que tendrá características de ambos progenitores (correcta).²⁰

Post-prueba 1

1. La reproducción sexual es cuando un espermatozoide fertiliza el óvulo (correcta).

¹⁹ Concepciones del **grupo control** repetidas en la post-prueba 1 y **post-prueba 2**

²⁰ Concepción **correcta** del **grupo control** repetida en la post-prueba 1

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. La reproducción sexual es cuando intervienen el pistilo y el polen entre otros factores, el polen es transportado por la polinización y llega al pistilo en donde se forma un tubo polínico para la unión (fecundación) del esperma o los granos del polen con el óvulo de otra planta.²¹
2. La reproducción sexual es cuando dos gametos o células reproductoras se unen o interactúan y ellas combinan su información genética para reproducirse por meiosis dando origen a otra célula con las características de ambas para formar otro organismo.²²
3. En la reproducción sexual intervienen 2 células sexuales (el espermatozoide y el óvulo) que dan origen a otra célula que posee características de ambas (correcta).²³

Post-prueba 1

1. Cuando existe un ambiente cambiante hay una variedad genética y mejores mecanismos de adaptación como esporas, flores, semillas y frutos que requieren de un intercambio genético para la preservación de la especie y para que se pueda dar la reproducción sexual.²⁴

Problemas conceptuales

En la muestra control prevalece la falta de comprensión de la reproducción sexual y las estructuras de las flores que en ella participan. Además, los alumnos de dicha muestra revelaron confusión del concepto de reproducción sexual con el de polinización, así como entre el polen y el gameto masculino. Por otra parte, en los estudiantes de la muestra experimental que realizaron la post-prueba 2, se detectó también una confusión con las estructuras que participan en la reproducción sexual, así como con el polen, el esperma y el gameto masculino. Aunado a esto, se identificó la determinación del ambiente para la presencia de la reproducción sexual. Así como también, se encontró confusión entre la fecundación y la meiosis.

²¹ Concepción del **grupo experimental** repetida en la post-prueba 1

²² Concepción del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

²³ Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

²⁴ Concepción del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Reproducción sexual en las plantas con flores (Pregunta No.10 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. El animal lleva o transporta el producto por medio de la polinización o la transmisión del polen y en este intercambio hay fecundación, permitiendo el conocimiento de las nuevas células.²⁵
2. Los ovarios y los pistilos representan al aparato reproductor del sexo masculino y los organelos sexuales tanto masculino como femenino se localizan en las flores, los estambres nutren al polen para la fecundación y la planta es el aparato reproductor femenino cuyo fruto contiene las 4 semillas.²⁶

Post-prueba 1

1. En la reproducción sexual participan dos gametos, uno del polen y otro del ovario que se unen para formar otra planta.²⁷
2. Las estructuras externas de las flores (antera y polen) permiten la reproducción sexual y las internas ayudan a la reproducción asexual.²⁷

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. El pistilo actúa como progenitor del hombre y los pétalos como progenitores de la hembra, el polen y los frutos participan en la reproducción sexual.
2. El estambre es el organismo masculino y el pistilo es el femenino, el polen inicia la reproducción.
3. El pistilo es la madre de los órganos reproductores y el polen es uno de los dos gametos que intervienen en la reproducción sexual.
4. Las estructuras que están en las flores forman las semillas de donde salen las nuevas flores.

Post-prueba1

1. El óvulo se encuentra en el ovario y los granos de polen en el estigma, ambas estructuras de las flores intervienen en la reproducción sexual.

²⁵ Concepción del **grupo control** repetida en la post-prueba 1

²⁶ Concepción del **grupo control** repetida en la **post-prueba 2**

²⁷ Concepciones del **grupo control** repetidas en la **post-prueba 2**

2. Los pétalos de las flores son el mecanismo para atraer a los polinizadores o los mensajeros y ellos depositan los granos de polen o espermatozoides de las anteras del macho en los estigmas de la hembra, luego el polen va desde los estambres hasta el interior de los ovarios (óvulos), finalizando la reproducción sexual interna con la creación de una célula (cigoto).²⁸
3. Las estructuras que están en las flores forman los gametos (masculinos y femeninos) los cuales intervienen en la fecundación que da lugar a la reproducción sexual (correcta).²⁹

Post-prueba 2

1. Los aparatos reproductores están en las flores en donde el óvulo o gametofito femenino y el polen o gametofito masculino se unen o fecundan para reproducirse sexualmente.

Problemas conceptuales

Las dificultades conceptuales que se encontraron en la post-prueba 2 fueron parecidas tanto en los alumnos de la muestra control como en los de la muestra experimental y son las siguientes: confusión de cuáles son las estructuras de las flores que participan en la reproducción sexual, así como entre el polen y el gameto masculino, como consecuencia de esto no hay comprensión de lo que ocurre en la reproducción sexual.

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Tipos de reproducción en los organismos formados por una célula (Pregunta No.10B del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. El organismo formado de una célula madre y única progenitora, no necesita de gametos o células progenitoras ni de intercambiarse con otra célula porque sólo interviene un sexo y ella se reproduce asexualmente por mitosis.³⁰

²⁸ Concepción del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

²⁹ Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

³⁰ Concepción del **grupo control** repetida en la post-prueba 1 y **post-prueba 2**

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. Los organismos formados por una célula no necesitan de otra célula progenitora para crear otras.

Post-prueba 1

1. El protozoo se reproduce asexualmente porque él mismo puede dividirse o reproducirse sexualmente cuando se une con otro protozoo. Una célula de un organismo pluricelular se divide en dos y así, sucesivamente por reproducción asexual, cuando ese organismo se desarrolla, él utilizará su tejido reproductor que fecundará o será fecundado durante la reproducción sexual.

Post-prueba 2

1. La misma célula del organismo formado por una célula puede tener reproducción asexual o reproducción sexual con otra célula semejante a ella, por ejemplo, los protozoos (correcta).

Problemas conceptuales

En esta pregunta no se identificaron respuestas cerradas correctas en la muestra control, por lo tanto, las concepciones que se presentan hacen referencia a la reproducción asexual porque no se reconoce que también los organismos unicelulares se reproducen sexualmente. Además, los estudiantes muestran una visión macroscópica porque piensan que los organismos unicelulares tienen órganos reproductores. Por otra parte, los alumnos de la muestra experimental que realizaron la post-prueba 2 reconocen la reproducción sexual y asexual en un tipo de organismo unicelular, es decir, en los protozoos; sin embargo, la idea que tienen sobre la reproducción de los organismos multicelulares aún no es clara.

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Presencia de la meiosis en los organismos eucariontes unicelulares y multicelulares (Pregunta No.11 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. La meiosis se realiza en las plantas, los microorganismos y en las bacterias porque estos organismos pueden reproducirse asexualmente.
2. La meiosis se realiza en los microorganismos, las células independientes y en las bacterias para dividir a la célula que transmitirá sus genes a sí misma.

Post-prueba 1

1. Las células se regeneran más rápido por meiosis porque este proceso aporta cuatro células en las plantas, los animales y el ser humano, además, la meiosis se encarga de corregir los errores de cada organismo.
2. Las plantas, los animales y el ser humano realizan la meiosis porque en ella intervienen dos organismos diferentes con espermatozoides, polen y óvulos para la fecundación.
3. La meiosis se realiza en las plantas porque ellas tienen reproducción sexual y asexual.

Post-prueba 2

1. Algunas partes de las plantas, los animales y el ser humano, en este caso, el cigoto lleva a cabo la mitosis.
2. Las plantas, los animales y el ser humano realizan la mitosis y cuando llevan a cabo la meiosis nacen 4 células hijas en los organismos con un trabajo designado.
3. Las plantas, los animales y el ser humano llevan a cabo la mitosis porque necesitan de los gametos masculino y femenino.
4. Las plantas, los animales, el ser humano y los microorganismos realizan la meiosis porque sus células se dividen y requieren de 2 células para formarse.
5. La meiosis es el mecanismo para reproducir las células sexuales que están presentes en las plantas, los animales y en el ser humano (correcta).

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. La meiosis se presenta en las plantas, los animales y en el ser humano porque las células eucariotas necesitan de dos células progenitoras o dos gametos, el espermatozoide y el óvulo, luego ambos se combinan y finalmente, la información genética se reproduce.
2. La meiosis se realiza en las plantas, los animales y en el ser humano porque se producen únicamente los gametos que participarán en la reproducción sexual (correcta).³¹

³¹ Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la post-prueba 1

Post-prueba1

1. Las células especializadas o reproductoras de las plantas, los animales y el ser humano, óvulos y el espermatozoide, se forman por la ovocinésis y espermatocinésis, cuando hay fecundación o unión de ambos gametos se forma un cigoto o huevo con 46 cromosomas los cuales se duplican y la meiosis da como resultado la reproducción sexual.
2. Las plantas, los animales y el ser humano llevan a cabo la meiosis dando lugar a 4 células somáticas que no son reproductoras.
3. En los organismos multicelulares (las plantas, los animales y el ser humano) se realiza la meiosis para el intercambio genético y la especialización de las células (correcta).³²
4. En las plantas, los animales, el ser humano y en los microorganismos se realiza la meiosis porque en ellos se forman los gametos para la reproducción sexual (correcta).

Post-prueba 2

1. Los organismos multicelulares como las plantas, los animales y el ser humano llevan a cabo la meiosis para formar un organismo multicelular, dicho proceso es el resultado de la reproducción sexual.
2. Las plantas, los animales y el ser humano presentan meiosis porque es un tipo de reproducción celular en el cual se recombina el material genético, formándose dos células que se van dividiendo y cada una una formará otras dos dando un total de 4 células gaméticas (correcta).
3. Las plantas, los animales y el ser humano son organismos que producen únicamente gametos por meiosis para reproducirse sexualmente (correcta).

Problemas conceptuales

La confusión entre la meiosis y la mitosis se detectó en la post-prueba 2 realizada por los alumnos de ambas muestras. Además, tanto en la muestra control como en la experimental se limita la presencia de meiosis en los organismos multicelulares, aunque este problema conceptual se identificó más en los estudiantes de la muestra control.

³² Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Presencia de la mitosis en los organismos eucariontes unicelulares y multicelulares (Pregunta No.12 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. Los seres humanos se reproducen sexualmente y cuando el cigoto es fecundado éste se reproduce por mitosis.
2. Los animales y el ser humano se reproducen sexualmente y las plantas por ambas formas.
3. Las plantas, los animales y el ser humano presentan mitosis porque es una forma de división celular o la recombinación de dos células que transmitirán los genes.
4. Las células independientes se reproducen por mitosis (correcta).

Post-prueba 1

1. Los animales, el ser humano y las células independientes realizan la mitosis para reproducir y generar las células o tejidos muertos.
2. La mitosis regenera los tejidos en las plantas, los animales y en el ser humano, las células independientes se reproducen por mitosis a partir de una sola célula (correcta).³³

Post-prueba 2

1. Los tejidos de algunos animales, además de las plantas, el ser humano y las células independientes, se reproducen por mitosis y transmiten las células hereditarias con otra división.
2. La mitosis se realiza en las plantas, los animales, el ser humano, los microorganismos y en las células independientes porque ellos tienen cierto número de células que pueden ser reemplazadas por otras nuevas y cada célula formada pueda tener una función dentro del organismo.
3. La mitosis se realiza en las plantas, los animales, el ser humano y en las células independientes. Las bacterias no tienen mitosis sino ellas se dividen por bipartición pues carecen de núcleo (correcta).

³³ Concepción **correcta** del **grupo control** repetida en la **post-prueba 2**

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. Los animales y el ser humano tienen mitosis porque hay una división celular antes de la formación de sustancias o partes que forman la estructura de un ser.
2. Algunos tejidos y órganos del ser humano se regeneran por meiosis.

Post-prueba1

1. Los organismos pluricelulares tales como las plantas, los animales y el ser humano utilizan la meiosis para la regeneración y el crecimiento.
2. La mitosis se presenta junto con la meiosis, la primera es un tipo de reproducción asexual para que las plantas, los animales y el ser humano se puedan regenerar y crecer (correcta).

Post-prueba 2

1. Los organismos multicelulares tales como las plantas, los animales y el ser humano presentan mitosis que es la continuación de la meiosis para reemplazar las células muertas.
2. Las plantas y los animales tienen mitosis, en el caso de las células del ser humano ellas se reproducen por este proceso después de la unión de los dos gametos.
3. La mitosis se realiza en las plantas, los animales y en el ser humano porque es el proceso de división celular que produce células idénticas para el crecimiento y la regeneración de los tejidos (correcta).
4. La mitosis se realiza en las plantas, los animales, el ser humano y en las células independientes y no en las bacterias porque ellas carecen de núcleo (correcta).

Problemas conceptuales

En los alumnos de la muestra control que realizaron la post-prueba 2 se detectó que no comprenden cómo se lleva a cabo el proceso de mitosis en los organismos eucariontes unicelulares y multicelulares, así como en las células independientes. Por su parte, los estudiantes de la muestra experimental confunden la mitosis con la meiosis en el crecimiento y la regeneración de los tejidos de los organismos multicelulares.

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Participación de los cromosomas en la reproducción celular (Pregunta No.13 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. El número y el tipo de cromosomas definen el sexo, el desarrollo y los problemas del ser creado en la reproducción celular.³⁴
2. Los cromosomas participan en la reproducción celular multiplicando o duplicando su información o características genéticas para transferirlas, después forman 23 cromosomas en cada célula sexual del ser humano.³⁵
3. Las células independientes se reproducen por mitosis (correcta).
4. Los cromosomas contienen el ADN que a su vez tiene la información genética (correcta).³⁶

Post-prueba 1

1. Los cromosomas tienen la información genética que se transmite a una nueva célula (correcta).³⁷
2. Los cromosomas contienen el ADN para la reproducción celular (correcta).

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. Los cromosomas llevan y aportan la información genética adecuada la cual podrá ser heredada de un ser a las células de su descendiente.
2. Los cromosomas contienen los genes y se dividen para formar dos células.
3. Los cromosomas están formados por ADN y éste es la información genética la cual es fundamental para la continuidad de la especie (correcta).³⁸
4. Los cromosomas llevan las características específicas; en el ser humano, los primeros 22 pares de cromosomas son somáticos y los del par 23 son los sexuales que determinan el sexo de una persona (correcta).

³⁴ Concepción del **grupo control** repetida en la **post-prueba 2**

³⁵ Concepción del **grupo control** repetida en la post-prueba 1

³⁶ Concepción **correcta** del **grupo control** repetida en la post-prueba 1 y **post-prueba 2**

³⁷ Concepción **correcta** del **grupo control** repetida en la **post-prueba 2**

³⁸ Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la post-prueba 1 y **post-prueba 2**

Post-prueba1

1. Los cromosomas son de ADN ordenado y compactado o desespiralizado, ellos se aparean y entrecruzan para recombinar el material genético, luego se duplican en la Interfase, después se dividen en la mitosis y en la meiosis repartiéndose equitativamente en las células hijas para mantener una variabilidad.
2. Los cromosomas son de ADN y éste contiene el material genético. Ellos se duplican, alinean, aparean y se distribuyen en cada célula (correcta).³⁹
3. cuando las células se forman, los cromosomas son iguales o diferentes a la célula madre ya que la información genética que contienen caracterizará a la célula (correcta).

Post-prueba 2

1. Los cromosomas están formados de ADN y son responsables del intercambio y la distribución del material genético de cada progenitor en las nuevas células.
2. Los cromosomas llevan la información genética la cual se recombina y provoca las diferencias entre los organismos.
3. Los cromosomas están inmersos en la estructura del ADN.
4. Los cromosomas van a determinar la estructura del organismo tal como es el fenotipo.

Problemas conceptuales

Los alumnos de la muestra control aún no reconocen en la post-prueba 2 que los cromosomas también participan en la reproducción de las células somáticas. Tanto los estudiantes de la muestra control como los de la experimental desconocen la constitución de los cromosomas y cuál es la participación de los mismos dentro de la mitosis y la meiosis.

³⁹ Concepción **correcta** del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Participación del ADN en la reproducción celular (Pregunta No.14 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. El ADN contiene la información genética que la nueva célula tendrá que duplicar continuamente, esa información es importante porque determinará todas las características o caracteres y la función específica que adoptará el ser.⁴⁰
2. El ADN está en los cromosomas y contiene la información genética (correcta).
3. El ADN es portador de la información genética para cada nueva célula (correcta).⁴¹

Post-prueba 1

1. El ADN es la información genética que transporta las características que tendrá cada célula la cual será igual a su progenitora y cuando las células lleguen a reproducirse el organismo estará definido.
2. La información genética del ADN se duplica muchas veces, creando y proporcionando la información de las proteínas para que ella también se transmita a la nueva célula.
3. El ADN comparte la información genética con la nueva célula.
4. El ADN participa en la transmisión de los genes de ambos organismos que se combinan por medio de una síntesis.

Post-prueba 2

1. El ADN está en los cromosomas y contiene la información genética (correcta).

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. El ADN es el punto central de la división ya que lleva cierta información genética y la interfase es indispensable para la duplicación de los cromosomas, la formación de dos células idénticas y el intercambio de la información necesaria para la variabilidad.⁴²

⁴⁰ Concepción del **grupo control** repetida en la **post-prueba 2**

⁴¹ Concepción **correcta** del **grupo control** repetida en la post-prueba 1

⁴² Concepción del **grupo experimental** repetida en la post-prueba 1

2. El ADN contiene la información genética (correcta).

Post-prueba1

1. El ADN es único para cada individuo (correcta).

Post-prueba 2

1. El ADN lleva la información genética para las demás células que se formarán (correcta).
2. El ADN determina las estructuras y las funciones del organismo (correcta).

Problemas conceptuales

Por una parte, los alumnos de la muestra control todavía no comprenden en la post-prueba 2, en cuál etapa del ciclo celular se presenta la duplicación del ADN. Por otra parte, los estudiantes de la muestra experimental, no llegan a entender cuál es la participación del ADN dentro de la mitosis y la meiosis porque ellos confunden ambos procesos.

Tema: Reproducción de los seres vivos

Subtema: Participación del núcleo en la reproducción celular (Pregunta No.15 del cuestionario)

Concepciones del grupo **Control**

Pre-prueba

1. El núcleo contiene o almacena la información genética o el ADN obtenido de los cromosomas de un ser, los cuales son sintetizados en el núcleo, después ellos recopilan todos los datos para el desarrollo de la célula.⁴³
2. El núcleo tiene como función principal reproducir y generar las distintas células, así como, controlar el funcionamiento de todos los organelos que forman parte de las células o coordinar las diferentes funciones de la célula.⁴³

Post-prueba 1

1. En el núcleo se lleva a cabo la reproducción del ADN.
2. En el núcleo se encuentran los cromosomas que contienen el ADN y éste lleva la información genética (correcta).⁴⁴

⁴³ Concepciones del **grupo control** repetidas en la post-prueba 1 y **post-prueba 2**

⁴⁴ Concepción **correcta** del **grupo control** repetida en la **post-prueba 2**

Post-prueba 2

1. El núcleo se encarga del proceso de reproducción celular (correcta).

Concepciones del grupo **Experimental**

Pre-prueba

1. El núcleo es el centro de la célula y es indispensable para crear otro núcleo.
2. El núcleo se parte sucesivamente para formar los cromosomas.
3. Después de que el núcleo se divide, él transportará el código genético y aportará la información congénita del individuo a las nuevas células que se forman.
4. El núcleo se duplica en la reproducción asexual, en la reproducción sexual se forman otros hijos iguales.
5. Contiene todos los cromosomas que son necesarios para la reproducción, porque ahí está la información genética (correcta).⁴⁵
6. En el núcleo se encuentran los cromosomas los cuales son de ADN y en éste se encuentra la información genética (correcta).⁴⁵

Post-prueba1

1. En el núcleo está el ADN organizado en forma de muchos hilos, el cual está presente antes del proceso de reproducción, cuando se rompe la pared nuclear el ADN libera toda la información genética o las características del progenitor que son idénticas o combinadas para lograr una mayor variabilidad dependiendo de la etapa en que se encuentra la nueva célula.⁴⁶

Problemas conceptuales

Por último, en la post-prueba 2 realizada por los alumnos de la muestra control se da a conocer la falta de comprensión de la constitución del núcleo y su relación con los cromosomas, así como, no está claro la participación del mismo dentro de la reproducción celular. Por su parte en los estudiantes de la muestra experimental no comprenden la ubicación del núcleo, además confunden dicho organelo con el ADN y como consecuencia no entienden la participación del núcleo en la reproducción celular.

⁴⁵ Concepciones **correctas** del **grupo experimental** repetidas en la **post-prueba 2**

⁴⁶ Concepción del **grupo experimental** repetida en la **post-prueba 2**

Discusión

Cuando se llevo a cabo la prueba de hipótesis se encontraron diferencias significativas en las calificaciones obtenidas por los alumnos del grupo control y el experimental en las dos Post-pruebas. Lo cual indicó una mejora significativa en el aprendizaje de los conceptos acerca de los procesos de reproducción en los seres vivos después de aplicada la estrategia de enseñanza al grupo experimental.

Por lo que se refiere a la comparación de la dispersión o desviación estándar de las calificaciones entre los grupos control y experimental en la Post-prueba 2, está disminuyó en el grupo experimental. Esto señala que la variación de las calificaciones de los estudiantes del grupo experimental fue menor, lo cual puede deberse a que algunos alumnos desertaban y al realizar la segunda Post-prueba, ese grupo quedó con menos estudiantes en comparación con el control; además, la media de las calificaciones aumentó en el grupo control y disminuyó levemente en el experimental, aunque se conserva la diferencia en la Post-prueba 2.

Al analizar la tabla 1 que muestra los porcentajes de las respuestas cerradas correctas de la Post-prueba 2, se puede observar que en la pregunta relacionada con la presencia de meiosis en los seres vivos, un menor porcentaje de los alumnos del grupo experimental respondió correctamente (69.7%) cuando se compara con el porcentaje del grupo control (81.1%). Lo cual parece señalar que los estudiantes comprenden que dicho proceso forma las células sexuales pero lo limitan más a los organismos multicelulares (plantas, animales y el ser humano) que a las células independientes y a los microorganismos.

Con respecto a la presencia de la mitosis en los organismos eucariontes unicelulares y multicelulares, el porcentaje fue menor en los estudiantes de la muestra experimental (36.4%) en comparación con los alumnos de la muestra control (67.6%). Lo cual se detecta en las concepciones correctas de los alumnos de la muestra control las cuales permanecieron en post-prueba 2; además, los estudiantes de la muestra experimental confundieron el proceso de mitosis con el de meiosis para señalar el crecimiento y regeneración de los tejidos de los organismos multicelulares.

Por otro lado, las concepciones de las respuestas abiertas relacionadas con la descripción del proceso de mitosis y el proceso de meiosis, dan a conocer que los estudiantes de la muestra experimental todavía no reconocen completamente la desorganización y reorganización de la membrana nuclear, así mismo, ellos no comprenden en qué consiste y cuál es el propósito de cada uno de los procesos celulares antes

mencionados lo que a su vez dificulta la determinación de su presencia en los organismos, sobre todo el proceso mitosis en los organismos unicelulares eucariontes y en las células independientes.

Aunado a lo anterior, como los alumnos no comprenden la mitosis y meiosis, para ellos les resulta más complicado pensar y relacionar a un nivel molecular que el núcleo encierra a los cromosomas y cada uno de ellos contiene ADN y éste a su vez almacena la información genética que se transmitirá a las células por medio de los procesos de reproducción: mitosis y meiosis.

CONCLUSIONES

La estrategia didáctica diseñada por Tovar (1998) contribuyó a promover el cambio en la comprensión de la reproducción asexual por mitosis para el mantenimiento estructural y funcional de los organismos conformados por muchas células (el ser humano, las plantas y los animales); el entendimiento de la fecundación (interna y externa) como un mecanismo para que se lleve a cabo la reproducción sexual, en la cual intervienen dos gametos genéticamente diferentes, el espermatozoide y el óvulo, sin la unión de los órganos sexuales.

Sin embargo, todavía hay concepciones alternativas que se resisten al cambio; esto se observa al comparar los resultados de las muestras de los alumnos seleccionados al azar de los grupos control y experimental en la Post-prueba 2; ya que algunos de los estudiantes de la muestra experimental regresaron a sus conocimientos previos que tenían antes de ser aplicada la estrategia. Por lo tanto, esta situación posiblemente se debe a una falta de atención por parte de los estudiantes hacia las actividades que incluye la estrategia didáctica. Esto conlleva a estructurar algunas de las actividades enfocadas a los alumnos.

La mayoría de los problemas conceptuales que se detectaron están relacionados con la descripción del proceso mitosis y son aún más evidentes en la meiosis. Por tal razón, este proceso de reproducción sigue siendo una barrera conceptual para los alumnos tal como lo indica Longden (1982), pues de ese concepto dependen otros como son: gameto, fecundación y reproducción sexual.

Los estudiantes de la muestra experimental presentaron una confusión sobre cuáles son las estructuras de las flores que participan en la reproducción sexual. Por tal razón, los alumnos no llegaron a comprender que hay plantas hermafroditas (con ambos aparatos reproductores) las cuales también se reproducen sexualmente. Además, es necesario atender otra dificultad conceptual, la cual se refiere a que las plantas sin flores no se reproducen sexualmente.

Por otro lado, algunos de los alumnos se limitaron a una respuesta descriptiva de la reproducción sexual y no explicaron que ese tipo de reproducción no es exclusivo de los organismos unisexuales (que tienen sólo un órgano reproductor) sino que los organismos hermafroditas también presentan reproducción sexual entre ellos la lombriz de tierra, que se empleo en una de las actividades experimentales que se incluye en la estrategia didáctica.

Pocos estudiantes reconocieron que la importancia de la reproducción sexual radica en la variabilidad genética para la continuidad de los seres vivos y eso también lo indican Wood-Robinson y col. (2000). Eso se debe a la falta de comprensión de la recombinación genética dentro de la meiosis lo cual conlleva a que no se comprenda que la información genética no se mantiene después de la fecundación (Flores y col., 2000).

Lo anterior tiene relación con lo que sucede luego de la formación del cigoto que resulta de la fecundación en la reproducción sexual de los organismos multicelulares, porque no se entiende que mediante un tipo de reproducción asexual, en este caso, la mitosis, se forman los tejidos del nuevo individuo.

Otro problema conceptual se debe a que los alumnos todavía memorizan los nombres de las fases de la mitosis y meiosis. Aunque los nombres se excluyeron de la estrategia, esto parece incidir en la información que ellos consultaron en los libros de texto ocasionando confusiones en los alumnos que los llevarán a volverse indiferentes a la comprensión de dichos conceptos y como consecuencia continuar con sus resistencias al cambio tal como lo señala Smith (1991). Algunos de los estudiantes continúan confundiendo la mitosis con otros procesos de reproducción asexual como son la bipartición, la gemación y la esporulación. Hay una falta en la comprensión de los propósitos de los procesos de reproducción mitosis y meiosis. Por tal razón, a ellos se les dificulta encontrar las diferencias entre ambos procesos (Flores y col., 2000). Eso se debe tal como lo señalan Lewis y col. (2000) a que no relacionan esos procesos con la continuidad genética. A pesar de vincular los cromosomas con la información genética aún siguen ignorando las transformaciones que dichas estructuras presentan durante la mitosis y meiosis.

Por lo visto, es necesario tratar con más detalle estos problemas conceptuales los cuales se presentan a un nivel celular, así como hacer las modificaciones pertinentes a la estrategia didáctica para intentar una vez más la transformación de las ideas previas que obstaculizan el *aprendizaje significativo* por parte del estudiante sobre los procesos de reproducción.

Propuesta de modificaciones a la estrategia de enseñanza

La estrategia requiere de algunos cambios en las actividades porque hay conceptos que no se comprendieron completamente. Para tratar los problemas conceptuales que presentaron los estudiantes del grupo experimental (aplicación de la estrategia), se sugieren algunas modificaciones en las actividades.

Para abordar las estructuras que participan en la reproducción sexual de las plantas con flores es conveniente lo siguiente:

1. Aplicar un cuestionario previo a la clase sobre reproducción sexual en plantas con flores y discutir sobre el mismo.
2. Posteriormente, apoyarse con un video que muestre las estructuras reproductoras de las flores de diferentes especies de plantas, sobre todo las más conocidas por los estudiantes, vinculando las estructuras reproductoras con la polinización como un medio de transporte del polen; aquí, puntualizar que dentro del mismo se encuentra el gameto masculino que fecundará al óvulo. Es necesario, mostrar en el video plantas hermafroditas las cuales también realizan la reproducción sexual. Una vez revisado el video, pedir a los alumnos que realicen sus anotaciones, discutir primero en equipo y después en grupo, cómo se da la polinización y fecundación en las plantas hermafroditas.
3. Realizar una lectura que les permita a los alumnos darles más información sobre la reproducción sexual en las plantas con flores.
4. Proponer y hacer una actividad lúdica para trabajarla en tres equipos: uno de ellos, arme un modelo que muestre las características de una planta unisexual masculina; mientras el otro equipo, arme un modelo de una planta unisexual femenina; y finalmente, otro forme un modelo bisexual o hermafrodita. Después, terminar con una discusión grupal para dar lugar a que los estudiantes comprendan que las plantas hermafroditas se reproducen sexualmente.
5. Para la aplicación de la información nueva se recomienda realizar una actividad experimental, revisando las estructuras reproductoras de plantas hermafroditas con flores y provocar la fecundación artificial. Para ello, es conveniente seleccionar una planta que no tarde mucho en dar fruto después de la fecundación y así ellos puedan evidenciar en vivo dicho fenómeno. La discusión grupal será muy enriquecedora; además se sugiere grabar en video esta sesión porque así, se podrá observar y detectar si aún continúan los problemas conceptuales.

6. Hacer un mapa conceptual con respecto a la reproducción sexual en plantas con flores.

Se recomienda tratar el concepto de reproducción en las plantas que no tienen flores.

A continuación se dan algunas sugerencias:

1. Plantear a los alumnos si hay plantas sin flores que se reproducen sexualmente para que ellos revelen sus ideas previas y como consecuencia la inquietud de responder a la pregunta. Así, el profesor podrá mostrar un video que muestre lo más sencillo posible, las estructuras que tienen dichas plantas para reproducirse sexualmente, un ejemplo pueden ser los pinos.
2. Realizar una práctica para que los estudiantes observen las células que participan en la reproducción sexual de las plantas sin flores, lo cual llevará a los estudiantes a que comprendan que dicho tipo de reproducción radica principalmente, en las células sexuales y en la polinización.
3. Actividad lúdica usando modelos de diferentes plantas sin flores (conocidas). Que cada alumno elabore una historieta y revisarlas en grupo. Se sugiere grabar en video esta actividad para detectar y analizar los problemas conceptuales.

Con relación a la importancia de la variabilidad genética en la reproducción sexual de los seres vivos y la participación de la mitosis una vez que se forma el cigoto, es conveniente:

1. Aplicar un cuestionario diagnóstico; luego pasar un video que muestre el resultado de la meiosis; este proceso permitirá que se lleve a cabo la fecundación y por lo tanto, se presente la variabilidad genética. Esto le da posibilidad a los seres vivos de vivir en un ambiente con variación y las siguientes generaciones tendrán mayores posibilidades de adaptarse al ambiente y así, evolucionar.
2. Se sugiere buscar o construir una lectura a manera de cuento y revisarla durante la clase.
3. Hacer un mapa conceptual, vinculando la meiosis con la fecundación para que se de la reproducción sexual y como consecuencia, la mitosis en el cigoto para la formación de los órganos del individuo.
4. Mostrar un video de desarrollo embrionario del humano y otro video del desarrollo embrionario en las plantas.

5. Proponer y hacer un ejercicio que divida al grupo en dos equipos: el primero, diseñe un modo en que haga una representación (puede ser una dramatización) de los eventos que suceden después de la fecundación humana; el segundo equipo diseñe otra representación (puede ser una galería de arte) para explicar lo que pasa después de la fecundación de las plantas. Luego, cada equipo muestre su trabajo analizando los eventos y finalmente, se llegue a la meiosis como el principal proceso que precede a la fecundación. Se sugiere dar a los alumnos los elementos necesarios (incluyendo música) para que representen la fecundación humana y la de las plantas. Si es posible, se recomienda grabar en video esta actividad para identificar y analizar los problemas conceptuales.

Debido a que hay una falta de comprensión de los eventos cromosómicos y citoplasmáticos en la transmisión de la información genética, unido a la memorización de las fases de la mitosis y meiosis que aún se maneja en los libros, se sugiere cambiar el orden de las actividades expuestas en la estrategia por el siguiente:

Mitosis

1. Aplicación del cuestionario previo a la clase y su posterior discusión sobre los eventos cromosómicos y citoplasmáticos.
2. Proyección de un material que muestre cómo son esos eventos y en los cuales hace énfasis el profesor (evitando mencionar las fases).
3. Elaboración de un modelo tridimensional lo más representativo posible, indicando las diferencias de éste con un sistema real.
4. Observar algunos de los eventos cromosómicos y citoplasmáticos en las células de raíces de cebolla y en sábila.
5. Elaboración del mapa conceptual.

Después de realizar el modelo tridimensional se espera que el alumno logre acomodar sus ideas previas con la nueva información y al realizar el experimento aplique el nuevo concepto con la finalidad de que identifique las transformaciones de los cromosomas.

También, se sugiere plantear un problema que le permita al estudiante diferenciar la mitosis de los procesos bipartición, gemación y esporulación.

Meiosis

1. Aplicación del cuestionario previo a la clase y su posterior discusión sobre los eventos cromosómicos y citoplasmáticos.
2. Proyección de un material que muestre cómo son esos eventos y en los cuales hace énfasis el profesor (evitando mencionar las fases).
3. Utilización del programa de cómputo interactivo para la simulación de este proceso de reproducción celular.
4. Realización de ejercicios sobre la meiosis.
5. Elaboración de un modelo tridimensional lo más representativo posible, indicando las diferencias de éste con un sistema real.
6. Observar algunos de los eventos cromosómicos y citoplasmáticos en las células de anteras de plantas con flores.
7. Elaboración del mapa conceptual.

Se pretende que con ese orden de actividades y las observaciones de laboratorio propuestas el estudiante comprenda mejor el proceso de meiosis, detectando los cambios que suceden en los cromosomas y se reduzcan los problemas conceptuales.

Además, es necesario seleccionar el material bibliográfico, el cual no mencione el nombre de las fases para que los alumnos lo consulten, o recomendarles que pongan atención a los eventos que suceden en la mitosis y meiosis más que a los nombres de las fases.

Aunque los estudiantes relacionaron los conceptos núcleo-cromosoma-ADN-material genético, se detectó que tienen un conocimiento limitado de los cromosomas en cuanto a su participación en la mitosis y meiosis, así como, la organización y desorganización de la membrana nuclear en cada uno de los procesos antes mencionados. Para ello, se propone revisar las actividades en el orden siguiente con algunas actividades sugeridas:

1. Realización de la lectura sobre el ciclo celular en eucariontes con su correspondiente guía (extraclase).
2. Realización de un ejercicio sobre la duración del ciclo celular propuesto por Biggs y col. (2000). Esto podría ayudar en la identificación y la relación de los eventos que suceden en dicho proceso, así como la identificación de los eventos en que la célula se lleva más tiempo.
3. Proyección de un material que muestre modelos de la duplicación del ADN antes de la mitosis y meiosis.

4. Realización de una lectura introductoria “La doble hélice” de Biggs y col. (2000).
5. Realización de la lectura (extraclase) “Estructura molecular de los ácidos nucleicos” de Watson y Crick (1953).
6. Visitar la sala de “Biología Humana” en el Museo de las Ciencias *Universum*, en donde hay un modelo de ADN. Después visitar la sección de transgénicos en la sala “Cosechando el Sol”, donde tienen un programa interactivo de cómputo para simular la formación de ADN.
7. Utilización de un programa de cómputo interactivo de modelos de ADN.
8. Visitar un laboratorio de alguna Institución Gubernamental (UNAM, IPN UAM, entre otras), en donde se realicen investigaciones a nivel molecular de los procesos de reproducción celular mitosis y meiosis.
9. Observar los cromosomas de un insecto (*Drosophila*), donde se destaque la duplicación de ADN.
10. Elaboración del mapa conceptual.

Finalmente, se espera que los estudiantes alcancen un aprendizaje significativo de los procesos mitosis y meiosis a un nivel más complejo, es decir, molecular.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Cal**, M. Y. I. (1990). Propuesta didáctica para el curso de biología II en el bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades: un enfoque constructivista e integrativo para el conocimiento de los seres vivos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Balls**, M. & Godsell, P. M. (1973). The life cycle of the cell. Journal of Biological Education, 7(3), 24-30.
- Banet**, E. & Ayuso, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias, 13(2), 137-153.
- Bello**, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. Educación Química, 15(3), 210-217.
- Berduque**, F. J., Eusa, F. J., Fernández, R. & Navas, L. (1989). Programa de actividades para el estudio de la reproducción de las fanerógamas. III Congreso Internacional sobre Investigación en la didáctica de las ciencias y de las Matemáticas (Tomo 1). pp. 59-60
- Biddulph**, F. (1984). Pupils' ideas about flowering plants. Learning in Science Project (Primary). Working Paper No. 125. University of Waikato, Hamilton, New Zeland, 44 pp.
- Biggs**, A., Kapicka, Ch. & Lundgren, L. (2000). Biología: la dinámica de la vida. México: McGraw-Hill.
- Brown**, C.R. (1990). Some misconceptions in meiosis shown by students responding to an advanced level practical examination question in biology. Journal of Biological Education, 24(3), 182-186.
- Campanario**, J. M. (1997). ¿Por qué a los científicos y a nuestros alumnos les cuesta tanto, a veces, cambiar sus ideas científicas? Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, 11, 31-62.
- Campanario**, J. M. & Otero, J. C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 18(2), 155-169.
- Campanario**, J. M. (2002a). The parallelism between scientists' and students' resistance to new scientific ideas. International Journal of Science Education, 24(109), 1095-1110.

- Campanario**, J. M. (2002b). Psicología y aprendizaje de las ciencias: las ideas previas de los alumnos. La Enseñanza de las Ciencias en Preguntas y Respuestas (En red), Disponible en: <http://www2.uah.es/jmc/webens/INDEX.html>
- Carey**, S. (1985). Conceptual change in childhood. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey**, S. (1991). The epigenesis of mind: essays on biology and cognition. En: Carey S. & Gelman, R. (Eds.). The Jean Piaget Symposium Series (pp. 263-282). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Chi**, M. T. H. (1992). Conceptual Change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science. En R. Giere (Ed.), Cognitive Models of Science. Minnesota Studies in the Philosophy of Science. Volume XV (pp. 129-186). Minnesota, MA: University of Minnesota Press.
- Chung**, L. Y. (2002). A vicarious experience of the actions of contraceptive devices in birth control and prevention of sexually transmitted diseases. Journal of Biological Education, 36(4), 189-194.
- Daniely**, H. (1990). Exploring mitosis through the learning cycle. The American Biology Teacher, 52(5), 295.
- Diccionario de Filosofía Contemporánea**. (1976). Salamanca, España: Ediciones Sígueme (En red). Disponible en: www.filosofia.org/enc/dfc/catego.htm
- DiSessa**, A. A. & Sherin, B. L. (1998). What changes in conceptual change? International Journal of Science Education, 20(10), 1155-1191.
- Dreyfus**, A. & Jungwirth, E.. (1988). The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality. International Journal of Science Education, 10(2), 221-229.
- Duit**, R. (1999). Conceptual change approaches in science education. En: Schnotz, W. S. Vosniadou, & Carretero, M. (Eds.). New perspectives on conceptual change (pp. 263-282). Oxford: Elsevier Science.
- Flores**, C. F., Tovar, M. M., Gallegos, C. L., Velásquez, M. E., Valdés, A. S., Saitz, C. S., Alvarado, Z. C. & Villar, C. M. (2000). Representación e ideas previas de la célula en los estudiantes de bachillerato. México, D. F.: Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM.
- Flores**, C. F. (2000, septiembre). La enseñanza de las ciencias: su investigación y sus enfoques. Documento presentado en el Congreso: La educación, sus tiempos y sus espacios, Chiapas, México.

- Flores**, C. F., Tovar, M. M. E., Vega, M. E. J., Bello, G. S., Gamboa, R. F. & Castañeda, M. R.: 2004. Base de datos sobre ideas previas [<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/ConsultsFrame.html>] Distrito Federal, México: Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (Productor y Distribuidor).
- Flores**, F. (2004). El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas. Educación Química, 15(3), 256-269.
- Gallegos**, C. L., León, T. A. I. & López, M. A. (1997). La investigación en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales. En: Waldegg, G. & Block, D. (Coord). Estudios en didáctica. Consejo Mexicano de Investigación Educativa, México: A. C. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Gallegos**, C. L. (1998). Formación de conceptos y su relación en la enseñanza de la física. Tesis de maestría, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Gallegos**, C. L. (2002). Comparación entre la evolución de los conceptos históricos y las ideas de los estudiantes: el modelo de la estructura de la materia. Tesis de Doctorado, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Gallegos**, C. L. & Garriz-Ruiz, A. (2004). Representación continua y discreta de la materia en estudiantes de química. Educación Química, 15(3), 234-242.
- García**, B. S. (1987). Detección de errores que con relación a aspectos reproductivos tienen los profesores de EGB en formación. II Congreso Internacional sobre Investigación en la didáctica de las ciencias y de las Matemáticas. pp.103-104
- García**, B. S., Mondelo, M. & Martínez, M. C. (1989). Planteamiento de la teoría celular en las concepciones previas de los alumnos. III Congreso Internacional sobre Investigación en la didáctica de las ciencias y de las Matemáticas (Tomo 1). pp. 73-74
- Garrison**, W. J. & Bentley, M. L. (1990). Science education, conceptual change and breaking with everyday experience. Studies in Philosophy and Education, 10, 19-35.
- Giordan**, A. (1985). Interés didáctico de los errores de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias, 11-17.
- Gómez-Granell**, C. & Coll, C. (1994). ¿De qué hablamos cuando hablamos de constructivismo? Cuadernos de Pedagogía, 221, 8-10.
- Goodwin**, C. & Duranti, A. (1992). Rethinking context: an introduction. En: Goodwin, C. & Duranti, A. (Eds.). Rethinking context language as an interactive phenomenon (pp. 1-42) New York: Cambridge University Press.

- Haldén, O.** (1999). Conceptual change and contextualization. En: Schnotz, W. S. Vosniadou, & Carretero, M. (Eds.). New perspectives on conceptual change (pp. 1-13). Oxford: Elsevier Science.
- Hackling, M.** (1982). An examination of secondary students' understanding of inheritance concepts. The Australian Science Teachers Journal, 28(1), 13-20.
- Hashwesh, Z. M.** (1986). Toward an explanation of conceptual change. European Journal of Science Education, 8(3), 229-249.
- Herrero, M. J., Martín, M., Ródenas, M. & Sánchez, M.** (1989). Desarrollo y aplicación de una unidad didáctica en ciencias naturales de bachillerato: las plantas con flores. III Congreso Internacional sobre Investigación en la didáctica de las ciencias y de las Matemáticas (Tomo 1), pp. 87-88
- Inhelder, B. & Piaget, J.** (1972). De la lógica del niño a la lógica del adolescente. Buenos Aires, Argentina: Editorial Piados.
- Jiménez, A. M. P.** (1991). Cambiando las ideas sobre el concepto biológico. Enseñanza de las Ciencias, 9(3), 248-256.
- Kindfield, A. C. H.** (1991). Confusing chromosome number and structure: a common student error. Journal of Biological Education, 25(3), 193-200.
- Kindfield, A. C. H.** (1994). Understanding a basic biological process: expert and novice models of meiosis. Science Education, 78(3), 255-283.
- Kuhn, T. S.** (1970). La estructura de las revoluciones científicas. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lawson, E. A.** (1991). Exploring growth (& mitosis) through a learning cycle. The American Biology Teacher, 53(2), 107-110.
- Lawson, E. A.** (1994). Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. Enseñanza de las Ciencias, 12(2), 165-187.
- Ledesma, M. I.** (2000). Historia de la biología. México: AGT Editor S.A.
- Lewis, J. & Wood-Robinson, C.** (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relation? International Journal of Science Education, 22(2), 177-195.
- Lewis, J., Leach, J. & Wood-Robinson, C.** (2000). Chromosomes: the missing link-young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilization. Journal of Biological Education, 34(4), 189-199.

- Llorens**, J. A. & De Jaime, M. C. (1987). Educación cultural y la formación de los conceptos científicos: una aproximación lingüística. Infancia y Aprendizaje, 39, 47-55.
- Longden**, B. (1982). Genetics -are there inherent learning difficulties? Journal of Biological Education, 16(2), 135-140.
- Martínez**, O. & José, M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. Enseñanza de las Ciencias, 17(1), 93-107.
- Medina**, C. A. (2003). Análisis de la construcción histórica y de las ideas previas de los estudiantes de bachillerato en genética para elaborar una propuesta educativa. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Mortimer**, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? Science & Education, 4 (3), 267-285.
- Nersessian**, J. N. (1989). Conceptual change in science education. Synthese, 80, 163-183.
- Okeke**, E. A. C. & Wood-Robinson, C. (1980). A study of nigerian pupils' understanding of selected biological concepts. Journal of Biological Education, 14(4), 329-338.
- Pacheco**, H. R. M. (2004). Estrategia didáctica Introductoria para la enseñanza del tema de la célula en el bachillerato. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Pauen**, S. (1999). The development of ontological categories: stable dimensions and changing concepts. En Schnotz, W. S. Vosniadou, & Carretero, M. (Eds.). New perspectives on conceptual change (pp. 15-31). Oxford: Elsevier Science
- Pérez**, R. A. R. (1999). Kuhn y el cambio científico. México: Fondo de Cultura Económica.
- Pintrich**, R. P., Marx, W. R. & Boyle, A. R. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. Review of Educational Research Summer, 63(2), 167-199.
- Pintrich**, R. P. (1999). Motivational beliefs as resources for and constraints on conceptual change. En Schnotz, W. S. Vosniadou, & Carretero, M. (Eds.). New perspectives on conceptual change (pp. 33-50). Oxford: Elsevier Science
- Pfundt**, H. & Duit, R. (1998). Bibliography student's alternative frameworks and science education. Kiel, Alemania: IPN.
- Posner**, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1985). Acomodación de un concepto hacia una teoría del cambio conceptual. En: Porlán, R., García, J. E. & Cañal, P. (Eds.). Constructivismo y enseñanza de las ciencias (pp. 89-112). Sevilla: Díada Editorial S. L.

- Pozo**, J. I., Carretero, M. & Asensio, M. (1989). Las explicaciones causales de expertos y novatos en Historia. En: Pozo, J. I., Carretero, M. & M. Asensio (Eds.). La enseñanza de las ciencias sociales (pp. 211-239). Madrid: Visor.
- Pozo**, J. I., Gomez, C. M. A., Limón, M. & Sanz, S. A. (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química. España, Madrid: CIDE (MEC).
- Ribeiro**, A. E. M. & Mortimer, E. F. (2004). Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de química. Educación Química, 15(3), 218-233.
- Rodrigo**, M. J. & Arnay, J. (1997). Enseñar y aprender en la escuela. Ecos de un debate constructivista. Infancia y Aprendizaje, 79, 47-88.
- Rodríguez-Moneo**, M. & Aparicio, J. J. (2004). Los estudios sobre el cambio conceptual y la enseñanza de las ciencias. Educación Química, 15(3), 270-280.
- Scharmann**, L. C. (1991). Teaching angiosperm reproduction by means of the learning cycle. School Science and Mathematics, 91(3), 100-104.
- Schnotz** W. & Preub, A.. (1999). Task-dependent construction of mental models as a basis for conceptual change. En: Schnotz, W. S. Vosniadou, & Carretero, M. (Eds.). New perspectives on conceptual change (pp. 1-13). Oxford: Elsevier Science.
- Sebastia**, J. M. (1987). ¿Es realmente posible el cambio conceptual? II Congreso internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias y matemáticas. pp. 305-306
- Serrano**, T. (1987). Representaciones de los alumnos en biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. Enseñanza de las Ciencias, 5(3), 181-188.
- Smith**, U. M. (1991, september / october). Teaching cell division: student difficulties and teaching recommendations. Journal of College Science and Teaching, 28-33.
- Smith**, L. E., Blakeslee, & Ch. Anderson, W. (1993). Teaching strategies associated with conceptual change learning in science. Journal of Research in Science Teaching, 30(2), 111-126.
- Staver**, R. J. (1998). Constructivism: sound theory for explicating the practice of science and science teaching. Journal of Research in Science Teaching, 35(5), 501-520.
- Strike**, K: & Posner, G. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. En Pines, L. H. T. & West, A. L. (Eds.). Cognitive structures and conceptual change (pp. 211-232). Orlando: Academic Press.

- Tamayo**, O. V., Rubio, R. J. C., Pérez, G. B. M. A. y Peralta, L. A. (2001, noviembre). Validación del paquete didáctico de Siladin de actividades experimentales para Biología IV, primera unidad. (Reporte de actividades del Colegio de Ciencias Humanidades, Plantel Vallejo). Manuscrito no publicado, UNAM, México.
- Thagard**, P. (1993). Conceptual revolutions. New Jersey: Princeton.
- Tovar**, M. M. E. (1998). Estrategias didácticas: Reproducción. (Proyecto PAPIME). Manuscrito no publicado, UNAM, México.
- Valencia**, C. B. A. (2004). Propuesta basada en las Ideas Previas de los Estudiantes para Abordar la enseñanza de la Clasificación Biológica en el nivel Básico de la educación. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Valladares**, R. L. (2002). Evolución histórica de las ideas científicas sobre el origen de la vida y su relación con el cambio conceptual de las ideas previas de los estudiantes de bachillerato. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Velasco**, J. (1991). ¿Cuándo un ser vivo puede ser considerado animal? Enseñanza de las Ciencias, 9(1), 43-52.
- Von Glasersfeld**, E. (1995). Radical constructivism: a way of knowing and learning. Washington, DC: Falmer Press.
- Vosniadou**, S. (1999). Conceptual change research: state of the art and future directions. En: Schnotz W., S. Vosniadou, & Carretero, M. (Eds.). New perspectives on conceptual change (pp. 3-13). Oxford: Elsevier Science.
- Wandersee**, H. J., Mintzes, J. J. & Novak, D. J. (1994). Research on alternative conceptions in science. En: Gabe D. L. (Ed.). Handbook of research on science teaching and learning (pp.177-210). New York: Macmillan Publishing Company.
- Wood-Robinson**, C. (1994). Young people's ideas about inheritance and evolution. Studies in Science Education, 24, 29-47.
- Wood-Robinson**, C., Lewis, J., Leach, J. & Driver, R. (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. Enseñanza de las Ciencias, 16(1), 43-61.
- Wood-Robinson**, C., Lewis, J. & Leach, J. (2000). Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. Journal of Biological Education, 35(1), 29-36.
- Yip**, Y. (1998a). Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology teaching. International Journal of Science Education, 20(4): 461-477.

- Yip, Y.** (1998b). Children's misconceptions on reproduction and implications for teaching. Journal of Biological Education, 33(1), 21-26.
- Yuen, M.S., Yan, Y.D., & Man, Ch. Ch.** (1999). Alternative conceptions in biology-related topics of integrate science teachers and implications for teacher education. Journal of Science Education and Technology, 8(2), 161-170.
- Zamora, S. E. & M. Guerra.** (1993). Misconception about cells. Non-formal education. Manuscrito no publicado, Dept. Universum, UNAM, México.

Anexo 1. Cuestionario aplicado a los alumnos de los grupos control y experimental en la pre-prueba, post-prueba 1 y post-prueba 2.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR

Estimado alumno el presente cuestionario tiene la finalidad de identificar sus conocimientos sobre el tema de **reproducción en los seres vivos**.

Nombre _____

Número de cuenta _____

Sexo F () M () Turno _____

Fecha _____

Instrucciones:

Lee con atención las preguntas, marca la opción que consideres correcta. Te suplicamos respuestas de acuerdo a lo que sabes, es muy importante que justifiques la opción que has seleccionado.

1. ¿Cuántas células se forman como resultado de la fecundación en el ser humano?

a) dos b) una c) más de dos

¿Cómo lo puedes explicar?

2. Los tejidos continuamente substituyen aquellas células que se van muriendo o perdiendo por procesos naturales, por ejemplo: el tiempo de vida de un glóbulo rojo (eritrocito) es de aproximadamente 15 días, el bazo y la médula ósea roja forman constantemente nuevas células que van a reemplazar a las muertas ¿cómo se lleva a cabo éste proceso de reproducción?

- a) Por la bipartición de las células del bazo y médula ósea.
- b) Por mitosis de las células del bazo y médula ósea.
- c) Por meiosis de las células del bazo y médula ósea.
- d) Por esporulación de las células del bazo y médula ósea.

¿Cómo lo explicas?

3. Una vez que se forma la célula huevo (cigoto) después de la fecundación ¿cómo se forman las células que constituyen a un animal pluricelular (con muchas células)?
- a) Por reproducción asexual, en la cuál participa una célula madre.
 - b) Por reproducción sexual, en donde participan 2 células progenitoras.
 - c) Por gemación, a través de pequeños brotes que posteriormente se independizan.
 - d) Por esporulación, a través de divisiones múltiples, en donde cada porción origina una espora.

¿Cómo lo explicas?

4. Cuando un tejido ha sido lesionado por ejemplo por un raspón, las células muertas deben ser substituidas ¿qué característica fundamental tienen las nuevas células que se forman?
- a) Ser diferentes a las células que las formaron.
 - b) Ser idénticas a las células que las formaron.
 - c) Ser inicialmente iguales y luego diferentes.

¿Cómo lo explicas?

5. Describe con dibujos y palabras cómo se realiza el proceso de la mitosis. Señala a los cromosomas y explica que les sucede durante este proceso.

6. Describe con dibujos y palabras cómo se realiza el proceso de la meiosis. Señala a los cromosomas y explica que les sucede durante este proceso.

7. Es frecuente escuchar que cuando a una persona le gusta una planta pida un codito o un pedazo de ella para plantarla ¿por medio de qué proceso se forma la nueva planta?

- a) Por reproducción asexual.
- b) Por reproducción sexual.

¿Cómo lo explicas?

8. Las plantas se reproducen por:

- a) Reproducción sexual.
- b) Reproducción asexual.
- c) Por reproducción sexual y asexual.

Fundamenta tu selección.

9. Explica cuándo se realiza la reproducción sexual.

10. Las estructuras que están en las flores participan en la:

- a) Reproducción asexual.
- b) Reproducción sexual.
- c) Formación de yemas.

¿Cómo lo explicas?

10B. Los organismos formados por una célula se reproducen por:

- a) Reproducción sexual.
- b) Reproducción asexual.
- c) Por reproducción sexual y asexual.

Fundamenta tu selección.

11. La meiosis se realiza en:

- a) Plantas ()
- b) Animales ()
- c) Ser humano ()
- d) Microorganismos ()
- e) Células independientes ()
- f) Bacterias ()

¿Por qué?

12. La mitosis se realiza en:

- a) Plantas ()
- b) Animales ()
- c) Ser humano ()
- d) Microorganismos ()
- e) Células independientes ()
- f) Bacterias ()

¿Por qué?

13. ¿Cómo participan los cromosomas en la reproducción celular?

14. ¿Cómo participa el ADN en la reproducción celular?

15. ¿Cómo participa el núcleo en la reproducción celular?
